

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
ESCUELA DE POSGRADO**



**PROGRAMA DE MAESTRIA EN DIRECCIÓN Y
GESTIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES**

**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA PARA INTEGRAR
LA RED DE BANDA ANCHA EN ZONAS RURALES DE LA
PROVINCIA DE HUANCABAMBA, PARA EL DESARROLLO
DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO**

**TESIS
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN
DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE
LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES**

ING. AYAX MANUEL SIFUENTES MONTES

PIURA – PERÚ

NOVIEMBRE – 2017

DECLARACION DE ORIGINALIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA


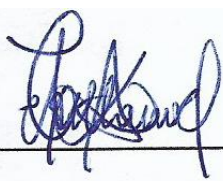
ESCUELA DE POSGRADO



**PROGRAMA DE MAESTRIA EN DIRECCIÓN Y
GESTIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES**

**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA PARA INTEGRAR
LA RED DE BANDA ANCHA EN ZONAS RURALES DE LA
PROVINCIA DE HUANCABAMBA, PARA EL DESARROLLO
DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO**

LOS SUSCRITOS DECLARAN QUE EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS ES
ORIGINAL, EN SU CONTENIDO Y FORMA

	
_____ AYAX M. SIFUENTES MONTES EJECUTOR	_____ CARLOS E. ARELLANO RAMÍREZ ASESOR

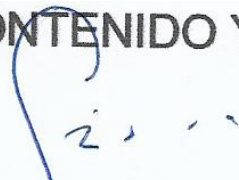
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
ESCUELA DE POSGRADO



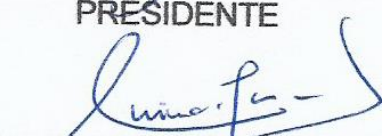
**PROGRAMA DE MAESTRIA EN DIRECCIÓN Y
GESTIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES**

**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA PARA INTEGRAR
LA RED DE BANDA ANCHA EN ZONAS RURALES DE LA
PROVINCIA DE HUANCABAMBA, PARA EL DESARROLLO
DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO**

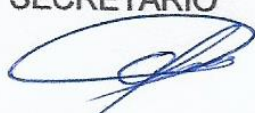
APROBADA EN CONTENIDO Y ESTILO POR



Dr. Reucher Correa Morocho
PRESIDENTE



Dr. Jonathan David Nima Ramos
SECRETARIO



Dr. Ramón Cosme Correa Becerra
VOCAL

*A Hilda por
supuesto.*

*A Melanie y
Cadel.*

*A mi padre por
ser el umbral de
mi éxito.*

A mi familia.

*A mis
maestros de
pregrado y
posgrado
eternamente
agradecidos.*

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a las personas que se esfuerzan en la gestión de la Universidad Nacional de Piura, muy en especial a las personas que laboran en el programa de Maestría en Dirección y Gestión de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, a la plana docente y personal administrativo.

Agradesco a las personas que contribuyeron a mi desarrollo profesional. Asimismo a los que me brindaron su apoyo para resolver las dudas presentadas durante el desarrollo del presente trabajo de investigación y se haga realidad, asimismo a los que me brindaron sugerencias y correcciones.

Resumen

La información constituye un recurso clave para todas las organizaciones, no es la excepción en el sector agroalimentario. La tecnología juega un papel importante en las actividades de la agricultura. Lo que se busca es generar un valor comercial de las inversiones en la Tecnologías de la Información y Comunicaciones, para lograr una ventaja competitiva y alcanzar metas y mejoras al negocio mediante el uso eficaz e innovador de las TICs. Se propone el diseño de una red de nueva generación que posibilite el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicaciones en el sector agroalimentario, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los agricultores y también mejorar la oferta de los productos agroalimentarios. En la parte final se realiza una prueba de desempeño de la red en un entorno virtual.

PALABRAS CLAVE

WiMAX, Cobertura, Banda Ancha, Tecnología de la información y comunicaciones (TICs).

Abstract

Information is a key resource for all organizations, it is not the exception in the agri-food sector. Technology plays an important role in the activities of agriculture. What is sought is to generate a commercial value of investments in Information Technology and Communications, to achieve a competitive advantage and achieve goals and improvements to the business through the effective and innovative use of ICTs. It proposes the design of a new generation network that will enable the development of information and communication technologies in the agri-food sector, with the aim of improving the quality of life of farmers and also improving the production of agri-food products. At the ending, a network performance test is performed in a virtual environment.

KEYWORDS

WiMAX, coverage, broadband, ICTs

Índice de contenido

Agradecimientos	v
Resumen	vi
Abstract	vii
Índice de contenido	viii
Índice de Tablas	xii
Índice de Figuras	xiv
Lista de abreviaturas	xvii
Glosario	xviii
Introducción	1
1 Planteamiento del Problema	3
1.1 Descripción de la realidad problemática	3
1.2 Definición y delimitaciones del problema	4
1.3 Formulación del problema	4
1.4 Objetivos de la investigación	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Justificación e importancia de la investigación	5
1.6 Limitaciones y viabilidad de la investigación	8
1.6.1 Limitaciones	8
1.6.2 Viabilidad de la investigación	9

2	Características Generales de la Región Piura	10
2.1	<i>Región Piura</i>	10
2.1.1	Ubicación de la Región Piura	10
2.1.1	Población	11
2.2	<i>Provincia de Huancabamba</i>	11
2.2.1	Ubicación Geográfica	11
2.3	<i>Aspecto Económico</i>	13
2.3.1	Agricultura	13
2.3.2	Ganadería	16
2.4	<i>Comunidades campesinas</i>	17
2.5	<i>Estudio de la demanda de la red</i>	18
3	Marco Teórico	29
3.1	<i>Marco Conceptual</i>	29
3.1.1	Ancho de Banda	29
3.1.2	Velocidad efectiva vs nominal	31
3.1.3	Red Óptica Pasiva (PON)	32
3.1.4	Redes Inalámbricas	32
3.1.5	Calidad de Servicio	35
3.1.6	Redes Multimedia	39
3.1.7	Aplicaciones Multimedia en el Sector Agrícola y Ganadero	40
3.1.8	Presupuesto de Enlace	41
3.1.9	Redes de acceso híbrido óptico – inalámbrico	42
3.1.10	Forma sistémica para el sector agroalimentario	43
3.1.1	Escenario Real	45
3.2	<i>Antecedentes Investigativos</i>	47

4	Metodología de la Investigación	51
4.1	<i>Tipo de investigación</i>	51
4.2	<i>Diseño de investigación</i>	52
4.3	<i>Variables</i>	52
4.3.1	Variable Independiente: Tecnología de Banda Ancha	52
4.3.2	Variable Independiente: Tecnologías de la Información y Comunicaciones	52
4.3.3	Variable Dependiente: Sector Agroalimentario	53
4.4	<i>Operacionalización de variables</i>	53
4.4.1	Modelo:	53
5	Diseño del Proyecto	55
5.1	<i>Diseño de la Red GPON para la Provincia de Huancabamba</i>	55
5.2	<i>Diseño de Red de Distribución de Fibra Óptica</i>	56
5.3	<i>Diseño de Red de Acceso Inalámbrica</i>	62
5.3.1	Selección de equipos	63
5.3.2	Configuración de Radio Mobile	68
5.3.3	Enlace nodo en Distribución – Yumbe	69
5.3.4	Consolidado de Red de Distribución Inalámbrica	70
5.4	<i>Propuesta del modelo de red</i>	75
5.5	<i>Costo de Implementación</i>	76
5.6	<i>Gestión y funcionalidad</i>	78
6	Configuración del Simulador y Pruebas de Desempeño	79
6.1	<i>Tiempo de Simulación y número de eventos</i>	81
6.2	<i>Modelo de escenario de prueba de la red</i>	82
7	Conclusiones y Recomendaciones	89
7.1	<i>Conclusiones</i>	89

7.2	<i>Recomendaciones</i>	91
7.2.1	Recomendaciones de instalación (Syscom, 2016)	91
7.2.2	Recomendaciones Generales	93
	Referencias Citadas	94
	Anexo	100
	Simulacion para un Tiempo de 180 Minutos	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Provincias de la región Piura.	10
Tabla 2.2 Ubicación de los distritos de la provincia de Huancabamba.	11
Tabla 2.3 Provincia de Huancabamba: Superficie total para la actividad Agrícola según principales componentes.	13
Tabla 2.4 Provincia de Huancabamba: Producción Agrícola según principales cultivos.	14
Tabla 2.5 Continuación de Tabla 2.4.	15
Tabla 2.6 Volúmenes de producción de los principales productos agrícolas	16
Tabla 2.7 Volúmenes de producción de los principales productos agrícolas	16
Tabla 2.8 Comunidades campesinas de la provincia de Huancabamba.	17
Tabla 2.9 Localidades beneficiadas, instituciones y población.	18
Tabla 2.10 Localidades beneficiadas, instituciones y población.	19
Tabla 2.11 Instituciones públicas en localidades beneficiadas.	20
Tabla 2.12 Penetración de servicios de telecomunicaciones.	21
Tabla 2.13 Nuevos criterios de asignación de banda ancha.	22
Tabla 2.14 Usuarios Potenciales de la Provincia de Huancabamba.	23
Tabla 2.15 Tráfico de telefonía móvil, fija y usuarios de internet.	24
Tabla 2.16 Líneas necesarias para telefonía móvil y fija.	25
Tabla 2.17 Demanda en Mbps por localidad en la provincia de Huancabamba.	26
Tabla 2.18 Demanda en Mbps por localidad en la provincia de Huancabamba – considerando instituciones beneficiadas.	28
Tabla 3.1 Medidas de QoS 1 de 2 (Romero, 2009).	37

Tabla 3.2 Métricas de QoS 2 de 2 (Romero, 2009).....	38
Tabla 3.3 Aplicaciones multimedia y requerimientos de ancho de banda.	39
Tabla 3.4 Aplicaciones multimedia para el sector agrario y ganadero.....	40
Tabla 4.1 Operacionalización de variables.	54
Tabla 5.1 Pérdidas en el transporte de Fibra Optica.	59
Tabla 5.2 Tarjetas Cisco.....	61
Tabla 5.3 Portadora óptica OC.	61
Tabla 5.4 Tipos de tarjetas Cisco.....	62
Tabla 5.5 Ubicación de las localidades.....	65
Tabla 5.6 Demanda en Mbps por localidad en la provincia de Huancabamba. ..	66
Tabla 5.7 Capacidad de los enlaces y pérdidas de LOS.	67
Tabla 5.8 Opciones de selección de Ancho de Banda y Modulación para.....	67
Tabla 5.9 Sensibilidad del receptor para Yumbe.....	68
Tabla 5.10 Ancho de banda, modulación, nivel de Rx, potencia de Tx, pérdidas de red inalámbrica.	71
Tabla 5.11 Costo de implementación de fibra PON	76
Tabla 5.12 Comparación cuando se utiliza un repetidor WiMAX.....	77
Tabla 5.13 Precios referenciales de equipos y accesorios.	77
Tabla 5.14 Gestión y funcionalidad.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 El círculo virtuoso del sistema de banda ancha (Jordán et al., 2010). .	7
Figura 2.1 Mapa parcial de la provincia de Huancabamba (<i>Ureta, 2009</i>).	12
Figura 2.2 Provincia de Huancabamba: Superficie total para la actividad Agrícola. Fuente (PIIB, 2003).	14
Figura 2.3 Participación de la superficie agrícola y no agrícola. Fuente (PIIB, 2003)	14
Figura 2.4 Principales cultivos de la provincia de Huancabamba. Fuente (PIIB, 2003).	15
Figura 3.1 Red óptica pasiva (Kazovsky, Cheng, Shaw, Gutierrez, & Wong, 2011).	32
Figura 3.2 Elementos de una red inalámbrica (Kurose & Ross, 2013).	34
Figura 3.3. Tecnologías de acceso inalámbrico (Pareek, 2006).	35
Figura 3.4 Elementos de un radioenlace (Buettrich, Escudero-Pascual, & Rodriguez, 2008).	41
Figura 3.5 Convergencia de redes ópticas e inalámbricas en el segmento de acceso (Kazovsky et al., 2011).	42
Figura 3.6 Arquitectura de red móvil WiMAX (Kazovsky et al., 2011).	43
Figura 3.7 Modelo de un sistema agroalimentario. Fuente: (Cuevas, 2008)	44
Figura 3.8 Escenario de ejemplo (albentia, 2010).	45
Figura 3.9 Propuesta de la compañía Albentia, usando un repetidor WiMAX (albentia, 2010).	46

Figura 5.1 Red hibrida con tecnología de fibra óptica e inalámbrica para la provincia de Huancabamba.	56
Figura 5.2 Mapa de Huancabamba en Global Mapper.	57
Figura 5.3 Primera Distribución.....	58
Figura 5.4 Segunda Distribución.....	59
Figura 5.5 Tráfico de datos y atenuaciones.....	60
Figura 5.6 Localidades con Linea de Vista desde Sapalache.	63
Figura 5.7 Radioenlace de Nodo a Yumbe.....	70
Figura 5.8 Enlace Nodo a Salala.	71
Figura 5.9 Enlace Nodo a Sapalache.	72
Figura 5.10 Radionlace R01 a Cajas Alumbre.	72
Figura 5.11 Radioenlace R02 a Chulucanas Bajo.....	73
Figura 5.12 Radioenlace R02 a Chulucanas Alto.....	73
Figura 5.13 Enlace R02 a El Porvenir.....	74
Figura 5.14 Enlace R02 a Siccequisterios.....	74
Figura 5.15 Enlace R02 a Talaneo.	75
Figura 5.16 Enlace R02 a Tambillo.....	75
Figura 6.1 Escenario de prueba para la red inalámbrica con 22 usuarios.....	80
Figura 6.2 Configuración del tiempo de simulación.....	81
Figura 6.3 Aplicaciones usadas en la Simulación.	82
Figura 6.4 Configuración de la aplicación de video.	83
Figura 6.5 Perfiles de Usuario usadas en la Simulación.	84
Figura 6.6 Simulación completada.....	85
Figura 6.7 Variación del retardo de paquetes, para la aplicación de video conferencia, para la celda que cubre los centros poblados de Chulucanas Alto y Taypampa.....	86

Figura 6.8 Grafica de Jitter, variación de retardo de paquetes y retardo de paquetes de extremo a extremo para la aplicación de voz.	87
Figura 6.9 Resultado del retardo en Wimax, carga en Wimax en bits/s y paquetes/s.	88
Figura 6.10 Throughput en Wimax en bits/s y paquetes/s.	88

Lista de abreviaturas

FSL	Pérdidas en el espacio libre.
BPSK	Modulación por desplazamiento de fase.
QPSK	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura
QAM	Modulación de Amplitud en Cuadratura.
PON	Red Optica Pasiva.
SONET	Red Óptica Sincronizada.
QoS	Calidad de Servicio.
LOS	<i>Line Of Sight</i> o “línea de vista”.
NLOS	<i>Non Line Of Sight</i> o “fuera de línea de vista”.
BS	Estación Base

GLOSARIO

- Backhaul, es una conexión de baja, media o alta velocidad que conecta a computadoras u otros equipos de telecomunicaciones encargados de hacer circular la información. Los backhaul conectan redes de datos, redes de telefonía celular y constituyen una estructura fundamental de las redes de comunicación (López, 2008).
- Parámetro, característica cuantificable de un aspecto del servicio y determinado por unos límites (UIT-T, 2008).
- Handover (también *handoff*) se le denomina al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente.
- Throughput o tasa de transferencia efectiva (rendimiento), se define como la capacidad efectiva de transferencia de datos que fluye a través de un enlace.
- Retardo, parámetro más relevante en el tráfico multimedia.
- Jitter, Variación del retardo. Crítico para aplicaciones multimedia.
- Best-effort service, soporta flujo de datos que no requieren un nivel de exigencia de QoS, típico en el protocolo IPv4.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación es descriptiva, analítica y aplicada, teniendo de soporte los marcos teóricos y conceptuales elaborados por fundamentos y principios de banda ancha y tecnologías de la información y comunicaciones. También se hace un enfoque y aportes de la tecnología en el sector agroalimentario. Además de las experiencias exitosas en otros países. Se hace una recolección de datos e información estadística de las entidades locales, de universidades, ministerios, instituciones del sector agroalimentario. Para la información complementaria se consultó documentos e investigaciones relacionados al desarrollo rural y agroindustria, información de internet, revistas, periódicos, presentaciones de material de clase, libros e informes.

Se inicia el presente trabajo con un análisis de la demanda que se generará en la provincia de Huancabamba para los próximos diez años que nos servirá para el diseño de la red.

En la parte final se hace uso del software de simulación de redes OPNET MODELER, versión 14.5 para hacer la prueba de desempeño de la red. Este software simula el comportamiento de un escenario del mundo real, además que cuenta con una interfaz de usuario intuitiva y bastante amigable, que permite construir diferentes escenarios y verificar su desempeño, pues permite configurar fácilmente por un lado la infraestructura de la red, es decir los diferentes elementos que conforman la misma y lo mas importante nos facilita el despliegue de aplicaciones y servicios cuyas

condiciones de trafico se asemejan bastante bien a las condiciones de redes reales (Lu & Yang, 2012).

Para este proyecto se utilizó Opnet Modeler Wireless Suite, que nos permite configurar modelos de redes WiMAX, de acuerdo a la guía de usuario de WiMAX de OPNET (Opnet, 2010).

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

"Pagamos al médico para que nos mejore cuando realmente deberíamos estar pagando al granjero para mantenernos sanos".

- Robyn O'Brien-

1.1 Descripción de la realidad problemática

El desafío para la tecnificación del sector agroalimentario en las zonas rurales, como es el caso particular de la provincia de Huancabamba, debe ser abordado con prioridad por el estado peruano. Combatiendo el mito de que las TIC son relevantes en otros sectores pero no tanto en el rural, cuando en realidad sucede lo contrario: dada la dispersión de los agricultores, la diseminación de información rápida y oportuna es clave en la agricultura (...) La razón es que las zonas rurales de América Latina y el Caribe son profundamente diversas y por lo tanto requieren de soluciones diferentes (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2012, p5) .

La red de banda ancha se hace necesario como una tecnología que sirva de soporte para otras tecnologías como frameworks y aplicaciones multimedia dirigidas al sector de la agricultura, como ejemplo tenemos la teleagricultura.

1.2 Definición y delimitaciones del problema

El problema principal radica en que en la actualidad la provincia de Huancabamba, ubicada en el departamento de Piura necesita una red de acceso a la tecnología de banda ancha, para el desarrollo de las tecnologías de la información y telecomunicaciones para sus distritos y las zonas rurales, además que esta red soporte tráfico multimedia que permita brindar capacitación a los agricultores y personas involucradas en el sector agroalimentario. Esta red permitirá recortar la brecha digital a los actores del sector agricultura y ganadero ubicados en regiones desfavorecidas. Otro problema no menos importante es la baja oferta de productos agrícolas para el consumo humano que se registra en la provincia de Huancabamba. Por tal motivo, existe la necesidad de aumentar los índices de penetración de banda ancha, que sirva de soporte tecnológico para brindar información relevante y oportuna para mejorar la producción del poblador rural. En cuanto a la delimitación, el presente proyecto se desarrollará en la provincia de Huancabamba y su implementación se realizará en un entorno y escenario virtual con características de tráfico de red que se puedan presentar en un escenario real.

1.3 Formulación del problema

¿Cómo se puede diseñar una red de banda ancha que permita el desarrollo de las tecnologías de la información y telecomunicaciones para la provincia de Huancabamba en el sector agroalimentario?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una red de banda ancha que permita el desarrollo de las tecnologías de la información y telecomunicaciones para la provincia de Huancabamba en el sector agroalimentario.

1.4.2 Objetivos específicos

1.4.2.1 Dimensionar la red que soporte aplicaciones multimedia con una calidad de servicio aceptable.

1.4.2.2 Proponer la arquitectura de red a implementarse, así como los equipos en los diferentes puntos de la red, que garantice una calidad de servicio óptima.

1.4.2.3 Optimizar el costo de la tecnología y los servicios de tecnologías de la información.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

Las tecnologías de la información al año 2050 cumplirán un rol importante con la finalidad de tecnificar el sector agropecuario. “Las proyecciones muestran que para alimentar una población mundial de 9 100 millones de personas en 2050 sería necesario aumentar la producción de alimentos en un 70 % entre 2005/07 y 2050. La producción en los países en desarrollo casi tendría que duplicarse (...) La producción anual de cereales, por ejemplo, tendría que incrementarse en casi mil millones de toneladas, y la producción de carne en más de 200 millones de toneladas, hasta alcanzar un total de 470 millones de toneladas en 2050” (FAO, 2009).

Las tecnologías que se han desarrollado en los últimos años ha permitido la aparición de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), que está impulsando fuertemente el uso de sensores y equipos de identificación en sectores como la energía, la ganadería y la agricultura para hacer buen monitoreo y gestionar sistemas a distancia. Asimismo es imprescindible la implementación de tecnologías en el sector agroalimentario “el desarrollo de nuevas maquinarias, de sistemas de riego, de control de la temperatura, así como la inclusión de drones en el campo o incluso aplicaciones orientadas a recoger datos y emitir informaciones de una forma sencilla y cómoda” (Sabemos, 2015).

Laura Pozo de Agroguía afirma y enfatiza que “sin agricultura no comemos y sin tecnología ahora mismo la agricultura no tiene futuro” (Sabemos, 2015).

La banda ancha no es un servicio más de telecomunicaciones o un acceso más rápido a Internet: es el elemento central de un nuevo sistema caracterizado por complementariedades estructurales claves para el desarrollo económico y social (Jordán, Galperin, & Peres, 2010). Gráficamente se puede observar el círculo virtuoso de la tecnología de banda ancha. La relevancia e importancia de este trabajo de investigación sobre la banda ancha aplicado al sector agroalimentario radica en que brindará una ventaja competitiva al agricultor y ganadero rural, para que pueda manejar información calificada y oportuna para optimizar su producción.

Las TIC es una herramienta para superar la asimetría tal como lo plantea Mónica Rodrigues que sugiere un mejor aprovechamiento de las TIC para revertir el desarrollo desigual de la agricultura regional que exige implementar políticas para superar las barreras para la adopción en los segmentos menos favorecidos (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2012).



Figura 1.1 El círculo virtuoso del sistema de banda ancha¹ (Jordán et al., 2010).

“El impacto del uso de Internet en las ganancias individuales” demuestra una importante y considerable retorno al uso de Internet, tanto para los asalariados como para los trabajadores independientes, en los seis países latinoamericanos analizados, que oscilan entre el 18% y 30% (Navarro, 2010).

La importancia de la investigación radica en realizar el estudio de viabilidad técnica y el diseño de una red de nueva generación con tecnología híbrida de fibra óptica y la combinación de sistemas inalámbricos Wifi y WiMAX para tener una mayor cobertura geográfica.

¹ BA: Banda Ancha.

1.6 Limitaciones y viabilidad de la investigación

1.6.1 Limitaciones

La geografía de la region Huancabamba será una barrera a superar para el despliegue e implementación de la tecnología. La poca penetración de la banda ancha en el Perú, debido a que el despliegue de las redes dorsales de fibra óptica mayormente están implementadas a lo largo de la costa, lo que viene limitando la masificación del acceso a redes de gran capacidad y servicios de banda ancha en las zonas geográficamente alejadas, como es la provincia de Huancabamba.

La inversión económica también será una limitación a tener en cuenta. Esto sumado a la legislación de la inversión del Fitel, a través de la Ley No. 28295, que sólo se define explícitamente como infraestructura de uso público a ser compartida, aquella que es empleada básicamente para las redes de acceso, tales como los postes, ductos, conductos, torres y cámaras; sin incluir en forma expresa a elementos de las redes de transporte, como la fibra óptica instalada y no usada (conocida como fibra oscura).

Otra limitación que se presenta es a nivel organizativo. En la provincia de Huancabamba, existen 19 comunidades campesinas.

Sus directivos y autoridades hacen muy poco por superar una serie de problemas para tener una mejor gestión comunal y un aprovechamiento sostenible de sus recursos (...) Otras limitaciones encontradas en estos territorios y sus organizaciones son la falta de identificación y registro de las asociaciones de

comuneros agropecuarios asentadas en el ámbito de cada comunidad así como la relación de sus integrantes, el tipo de actividades que desarrollan (pecuaria, apícola, de transformación, el número y tipo de ganado). De contar con esta información se podrá trabajar propuestas integrales de manejo sostenible del bosque con mayor valor agregado (Cabrejos Vásquez, 2011).

1.6.2 **Viabilidad de la investigación**

El diseño de una red de soporte para el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicaciones utilizando tecnología híbrida mediante fibra óptica y accesos inalámbricos para brindar cobertura de comunicaciones a las localidades de la provincia de Huancabamba será viable por las siguientes razones:

- Existe la oferta de soluciones tecnológicas que ofrecen los fabricantes para la realización del proyecto.
- El costo de inversión para la implementación de una red híbrida de fibra óptica y acceso inalámbrico será competitivo comparado a otras tecnologías de comunicación.

2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGIÓN PIURA

Luego de una de sus charlas pronunciadas por el Dr. Kalam, una niña de diez años se acercó a él para su autógrafo. '¿Cual es tu ambición?' le preguntó a ella.
"Quiero vivir en una India desarrollada", respondió ella sin dudarlo
(Ahmad, Kalam, & Rajan, 1999).

2.1 Región Piura

2.1.1 Ubicación de la Región Piura

El departamento de Piura esta situado al noroeste del territorio peruano, se ubica en la costa y sierra norte del Peru en la frontera con Ecuador. Tomando como referencia la Plaza de Armas de Piura, tenemos la coordenada geográfica 4° 4' 50" por debajo de la línea ecuatorial y entre las longitudes 80° 29' 30" O y 81° 19' 36" O.

Tabla 2.1 Provincias de la región Piura.

PROVINCIA	POBLACIÓN TOTAL	SUPERFICIE (Km2)	DENSIDAD POBLACIONAL (Hab./Km2)	HOMBRES		MUJERES	
				POBLACIÓN	%	POBLACIÓN	%
Ayabaca	138 403	5 230.68	26.5	70 779.29	51.14	67 623.71	48,80
Huancabamba	124 298	4 254.14	29.2	62 397.60	50.20	61 900.40	49,80
Morropón	159 693	3 817.92	41.8	80 948.38	50,69	78 744.62	49,31
Paíta	108 535	1 785.16	60.8	54 593.11	50,30	53 941.90	49,70
Piura	665 991	6 211.16	107.2	327 667.57	49,20	338 323.43	50,80
Sechura	62 319	6 370.33	9.80	31 221.82	50,10	31 097.18	49,90
Sullana	287 680	5 423.61	53.0	142 401.60	49,50	145 278.40	50,50
Talara	129 396	2 799.49	46.2	64 712.46	50.01	64 683.54	49,99
TOTAL	1 676 315	35 892.49	46.7	834 804.87	49,80	841 510.13	50,20

Fuente: (Cabrejos Vásquez, 2011).

2.1.1 Población

Según el Censo Nacional del año 2007, cuenta con una población de 1'676,315 habitantes, el 26% de la población se encuentra en la zona rural, y el 50.18/% son mujeres. Las ciudades de la sierra piurana [1] de Ayabaca y Huancabamba reúnen sólo el 4.1% del total de la población del departamento.

2.2 Provincia de Huancabamba

2.2.1 Ubicación Geográfica

Se encuentra ubicada en la sierra norte del Perú, a 214 km al sur oeste de la ciudad de Piura. Cuenta con ocho distritos (PIIB, 2003).

Tabla 2.2 Ubicación de los distritos de la provincia de Huancabamba.

DISTRITO	Capital del distrito	COORDENADAS	
		Latitud	Longitud
Huancabamba	Huancabamba	05° 14' 12"	79° 26' 54"
El Carmen de la frontera	Sapalache	05° 09' 45"	79° 25' 57"
Lalaquiz	Tunal	05° 12' 36"	79° 40' 36"
Canchaque	Canchaque	05° 02' 24"	79° 36' 14"
Sondor	Sondor	05° 08' 43"	79° 24' 21"
Sondorillo	Sondorillo	05° 20' 09"	79° 25' 36"
San Miguel del Faique	San miguel del Faique	05° 23' 25"	79° 36' 10"
Huarmaca	Huarmaca	05° 03' 54"	79° 31' 21"

Fuente: (PIIB, 2003).

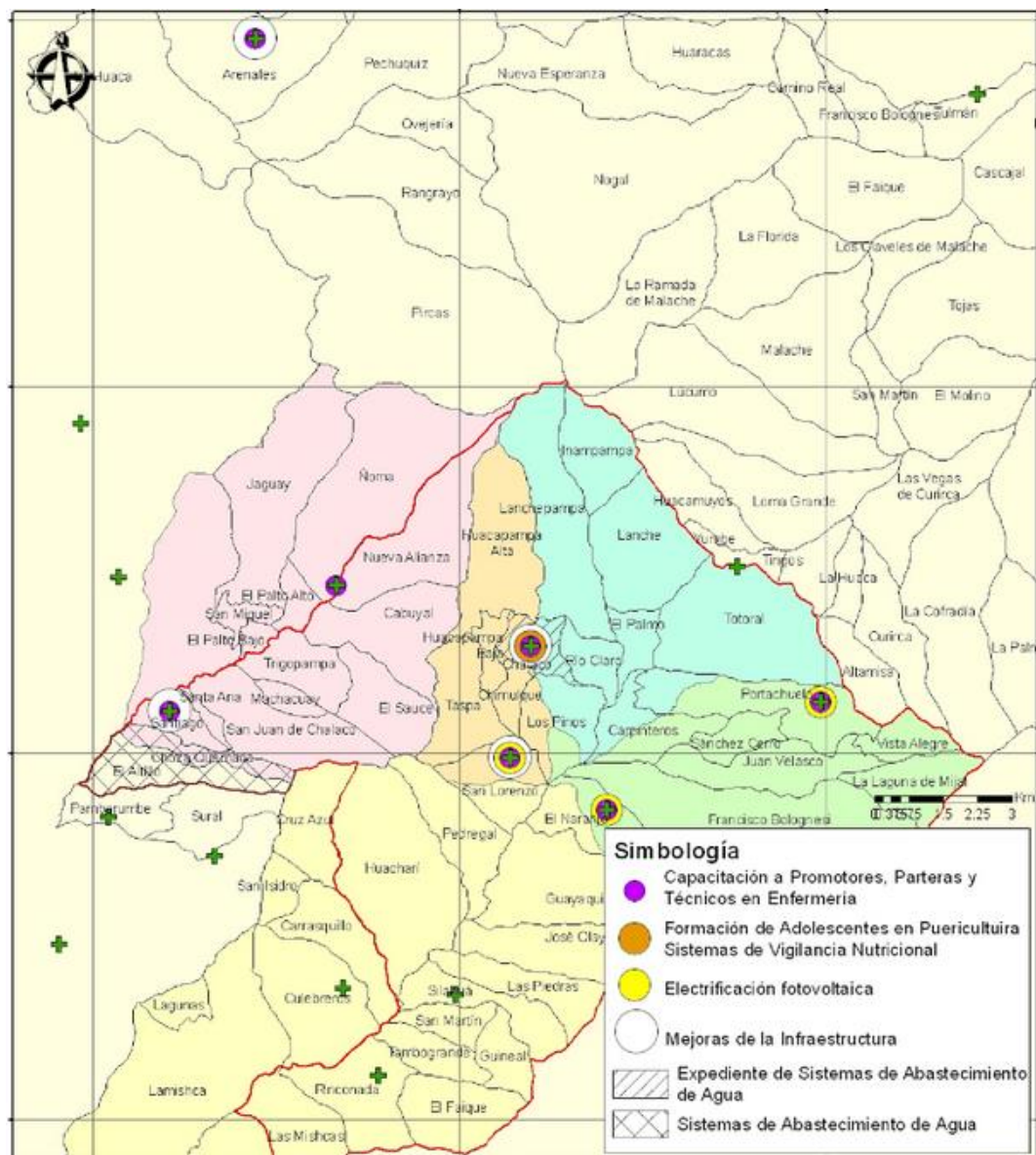


Figura 2.1 Mapa parcial de la provincia de Huancabamba (Ureta, 2009).

2.3 Aspecto Económico

2.3.1 Agricultura

La agricultura en la región Piura ocupa el 31% de la población económicamente activa. La economía regional agraria gira en base a la producción de los cultivos tradicionales como el arroz, algodón, maíz, cacao y los no tradicionales (El Regional Piura, 2016).

Tabla 2.3 Provincia de Huancabamba: Superficie total para la actividad Agrícola según principales componentes.

Distritos	Superficie Total para Actividad Agrícola		Superficie Agrícola			TOTAL	Superficie No Agrícola			Montes y Bosques	Otra Clase de Tierra	Participación (%) en la Superficie Total	
	N° Has	% por Distrito	TOTAL	En Secano	Bajo Riego		TOTAL	Manejados	No Manejados			Agrícola	No Agrícola
SUPERFICIE TOTAL	217,493		58,446	33,041	25,405	159,046	126,520	12,181	114,339	23,544	8,983	26.9%	73.1%
				56.5%	43.5%		79.5%	7.7%	71.9%	14.8%	5.6%		
HUANCABAMBA	33,662	15.5%	9,382	6,480	2,902	24,280	20,007	3,670	16,337	2,552	1,720	27.9%	72.1%
CANCHAQUE	29,419	13.5%	6,065	4,790	1,276	23,353	13,800	985	12,815	7,159	2,395	20.6%	79.4%
EL CARMEN DE LA FRONTERA	10,191	4.7%	3,450	1,039	2,412	6,741	3,903	2,433	1,470	2,283	555	33.9%	66.1%
HUARMACA	85,454	39.3%	20,126	7,689	12,437	65,328	57,307	732	56,574	5,124	2,897	23.6%	76.4%
LALAQUIZ	8,652	4.0%	4,082	2,536	1,545	4,570	2,051	1,461	590	2,393	126	47.2%	52.8%
SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	8,379	3.9%	6,326	5,237	1,089	2,053	1,506	836	669	499	49	75.5%	24.5%
SONDOR	29,685	13.6%	3,633	1,480	2,153	26,052	23,824	1,209	22,615	1,685	542	12.2%	87.8%
SONDORILLO	12,050	5.5%	5,381	3,791	1,590	6,669	4,123	855	3,268	1,848	699	44.7%	55.3%

Fuente (PIIB, 2003).

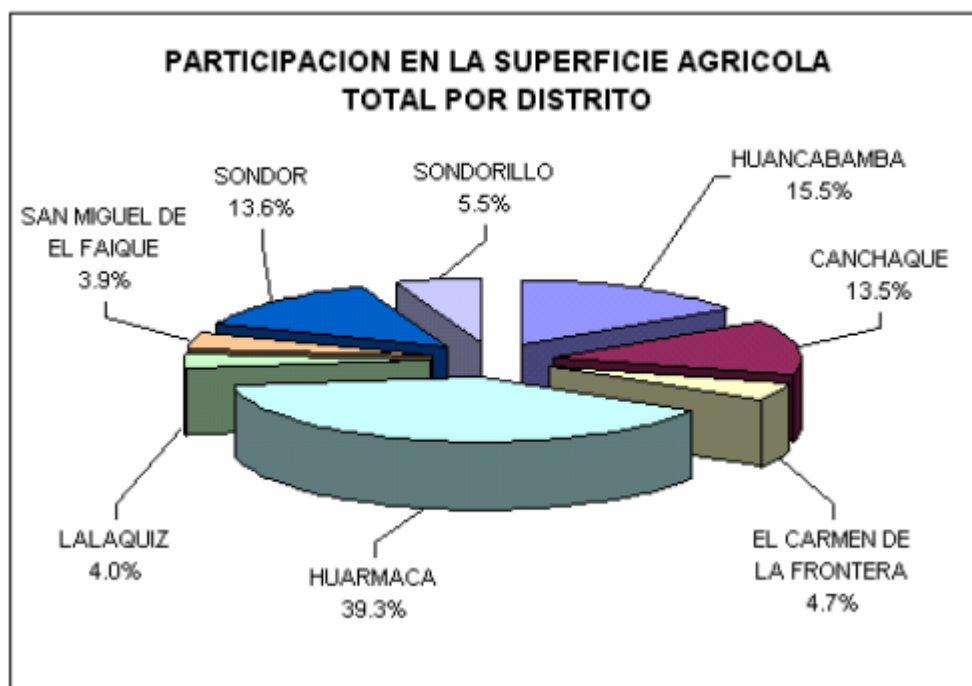


Figura 2.2 Provincia de Huancabamba: Superficie total para la actividad Agrícola.
Fuente (PIIB, 2003).

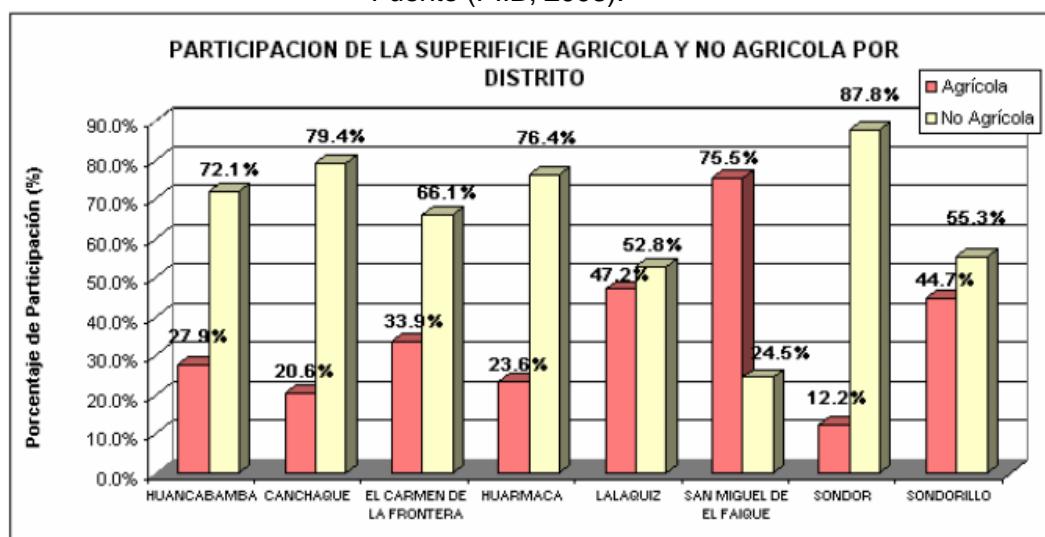


Figura 2.3 Participación de la superficie agrícola y no agrícola. Fuente (PIIB, 2003)

Tabla 2.4 Provincia de Huancabamba: Producción Agrícola según principales cultivos.

Cultivos:

N°	Cultivos	Departamento de Piura (TM.)					Total
		1996	1997	1998	1999	2000	1996-2000
TOTAL PRODUCCION		861,556	1,183,087	753,217	1,130,090	1,082,630	5,010,580
Participación de la Provincia (%)							
1	CAFÉ	3,735	3,157	3,226	3,646	1,004	14,768
2	CAÑA DE AZUCAR	15,550	31,993	27,792	51,868	48,554	175,757
3	MAIZ AMILACEO	18,395	8,674	6,611	11,464	11,909	57,053
4	TRIGO	8,438	7,084	6,086	5,678	7,473	34,759
5	AJO		489	61	444	141	1,135
6	FRIJOL	2,112	1,402	1,427	1,538	2,223	8,702
7	OCA	1,075	1,112	1,162	944	818	5,111
8	OLLUCO	984	1,038	1,388	980	933	5,323
9	PAPA	7,688	8,017	9,025	8,430	8,601	41,761
10	NARANJO	3,104	2,675	1,651	2,729	2,379	12,538
11	PLATANO	225,263	227,852	44,421	94,324	195,153	787,013
12	GRAMALOTE	1,000	43,291	64,879	252,235	154,115	515,520
13	TUNA		203	687	7	22	919
14	GRANADILLAS		516	144	1,156	283	2,099
TOTAL MUESTRA		287,344	337,503	168,560	435,443	433,608	1,662,458
Producción Muestra/Total (%)		33.4%	28.5%	22.4%	38.5%	40.1%	33.2%

Fuente (PIIB, 2003)

Tabla 2.5 Continuación de Tabla 2.4.

Provincia de Huancabamba (TM.) 1/					Total	Part. (%)
1996	1997	1998	1999	2000	1996-2000	1996-2000
40,223	126,835	92,796	139,334	81,970	481,158	
4.7%	10.7%	12.3%	12.3%	7.6%	9.6%	
3,188	2,608	2,198	2,944	470	11,408	77.2%
5,190	9,224	6,225	17,216	16,956	54,811	31.2%
3,005	1,781	3,490	2,792	3,089	14,157	24.8%
4,115	4,287	5,068	2,805	3,401	19,676	56.6%
	389	53	406	92	940	82.8%
859	1,008	1,098	1,132	1,143	5,240	60.2%
763	892	1,008	473	630	3,766	73.7%
738	763	1,230	551	806	4,088	76.8%
6,448	7,571	8,026	6,960	7,789	36,794	88.1%
1,099	1,462	1,447	2,171	476	6,655	53.1%
6,295	5,923	7,232	5,316	4,115	28,881	3.7%
	14,997	21,864	52,979	16,936	106,776	20.7%
	140	621	7	22	790	86.0%
	347	144	1,011	213	1,715	81.7%
31,700	51,392	59,704	96,763	56,138	295,697	17.8%
78.8%	40.5%	64.3%	69.4%	68.5%	61.5%	

Fuente (PIIB, 2003).

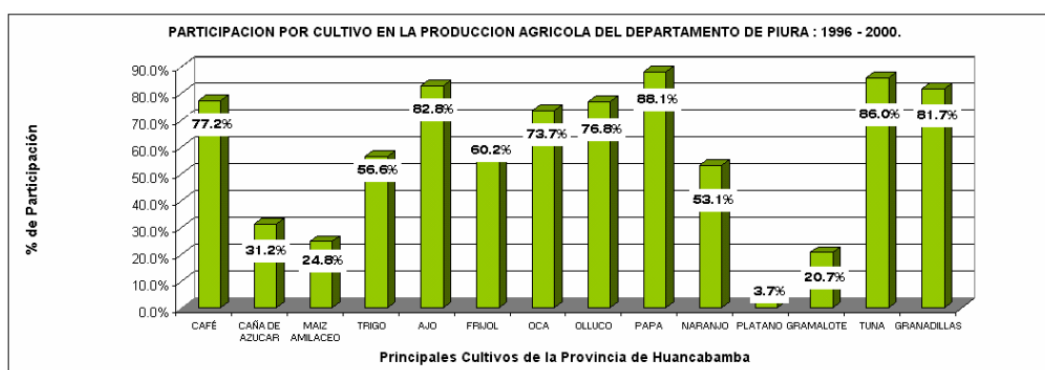


Figura 2.4 Principales cultivos de la provincia de Huancabamba. Fuente (PIIB, 2003).

Tabla 2.6 Volúmenes de producción de los principales productos agrícolas permanentes – 2002 (TM).

DISTRITO	PRINCIPALES PRODUCTOS														
	Caña de azúcar	Platano	Cafeto	Naranja	Chirimoya	Granadilla	Tuna	Alfalfa	Limón	Granadilla	Palo	Pastor elefante	Lucuma	Mango	Marcaya
Huancabamba	87	44	2	33	50	2683	1	866	4	89	2	2445	2	0	0
Sondor	4624	436	15	18	69	5545	7	0	16	85	3	6045	9	0	4
Sondorillo	1059	23	3	0	24	1445	130	462	19	14	0	1026	2	0	0
El Carmen de la frontera	2367	572	171	60	80	1501	0	563	4	6	21	1026	6	0	4
Canchaque	2730	1138	368	609	42	8847	0	0	26	30	86	2505	0	107	13
San Miguel del Faique	1596	1031	198	419	29	8526	1	0	28	20	60	3044	0	295	2
Lalaquiz	650	164	99	21	1	2667	0	0	0	2	0	3152	0	27	2
Huarmaca	4396	1281	171	47	3	0	85	0	29	7	0	12383	0	48	1
TOTAL	17509	4689	1027	1207	298	31214	224	1891	126	253	172	31626	19	477	26

Fuente (PIIB, 2003)

Tabla 2.7 Volúmenes de producción de los principales productos agrícolas permanentes – 2002 (TM).

DISTRITO	PRINCIPALES PRODUCTOS														
	Arroz	Arveja	Ajo	Cebada	Canote	Frijol seco	Frijol Caupi	Haba	Maíz Amil	Maíz duro	Oca	Olivo	Papa	Soya	Trigo
Huancabamba	0	106	17	77	16	393	0	31	1616	178	240	240	2482	0	563
Sondor	0	82	0	39	84	350	0	0	734	488	0	0	148	0	175
Sondorillo	0	156	47	100	92	361	0	22	1020	128	40	40	4369	0	317
El Carmen de la frontera	0	49	0	34	0	164	0	9	810	69	120	160	665	0	231
Canchaque	110	24	0	0	14	0	92	0	46	570	0	0	0	17	40
San Miguel del Faique	1412	29	0	8	28	0	151	0	76	1487	0	0	303	32	45
Lalaquiz	52	14	0	7	15	0	0	0	40	330	0	0	22	0	30
Huarmaca	1758	249	42	199	117	505	0	11	905	1100	80	80	251	15	2224
TOTAL	3332	709	106	464	366	1773	243	73	5247	4350	480	520	8240	64	3625

Fuente (PIIB, 2003)

2.3.2 Ganadería

En Huancabamba la ganadería se desarrolla en forma limitada, pues al igual que la agricultura es netamente tradicional, la que con la asistencia técnica se nota progreso. La ganadería depende especialmente de los pastos naturales como la paja, el gramalote y la alfalfa (PIIB, 2003).

En los distritos de Huarmaca, Lalaquiz, Sondorillo, Canchaque y Sondor se esta incrementando la producción de ganado Caprino, que adicionado a la producción de las aves, van a formar parte, también de los productos que incrementé la economía de la zona (PIIB, 2003).

2.4 Comunidades campesinas

Tabla 2.8 Comunidades campesinas de la provincia de Huancabamba.

VALLE / ZONA		N°	NOMBRE DE LA COMUNIDAD	N° DE FAMILIAS	EXTENSIÓN SUPERFICIAL	OBSERVACIONES
VALLE MEDIO Y BAJO PIURA	1	Castilla	855	2 786.000	Estas comunidades campesinas se ubican en el ámbito de influencia del valle Medio y Bajo Piura, y están agrupadas en CECOBOSQUE Piura.	
	2	Señor Cautivo de Progreso Alto	84	2 000.000		
	3	Señor de los Milagros de la Cruz de Caña	95	6 640.000		
	4	San Juan Bautista de Catacaos	27 178	420,000.000		
	5	San Martín de Sechura	30 000	752,146.630		
	6	Apóstol San Juan de Locuto	1 300	11,962.000		
	SUB TOTAL			59 512		1 195 534.630
VALLE CHIRA	1	Amotape	921	2 176.240	Son diez comunidades campesinas ubicadas en el ámbito de influencia del valle Chira agrupadas en CECOBOSQUE Piura.	
	2	San Lucas de Colán	3 500	1,265.035		
	3	San Francisco de la Buena Esperanza de Paita	256	9 559.000		
	4	Tamarindo	640	2 656.880		
	5	Miramar	3 700	27 843.000		
	6	Nuestra Señora de Las Mercedes	215	23 839.375		
	7	Romeros	174	17 098.450		
	8	Virgen del Cisne	133	6 409.950		
	9	Felipe Santiago de Cañas	s.i.	17 825.700		
	10	Querecotillo	5 135	14 948.000		
	SUB TOTAL			14 674		123 621.630
VALLE SAN LORENZO	1	La Menta	155	3 919.410	Son dos comunidades ubicadas en el ámbito de influencia de San Lorenzo, agrupadas a CECOBOSQUE Piura.	
	2	Cury Lagartos	1 300	5 470.330		
	SUB TOTAL			1 519		9 389.740
VALLE ALTO PIURA	1	San Juan de Los Guayaquiles	67	835.000	Existen veintidós comunidades campesinas que se ubican en el ámbito de influencia del Alto Piura, espacios de sierra y costa, parte de éstas se han agrupado en CECOBOSQUE Piura.	
	2	Virgen del Rosario de Huasimal	s.i	s.i.		
	3	Chalaco Trigopampa	1 041	5 188.430		
	4	Lanche	208	1 366.250		
	5	Silahuá	717	3 288.940		
	6	Abad Berrú Gonzaga de San Pedro	151	740.9375		
	7	César Vallejo de Palo Blanco	s.i.	s.i.		
	8	José Ignacio Távara Pasapera	1 800	52 269.130		
	9	Juan Velasco Alvarado (Chililique)	s.i.	s.i.		
	10	María Angela Alvarado Zeta	136	2 761.370		
	11	San Andrés de Guayaquil	79	353.500		
	12	San José	96	1 586.450		
	13	Pabur Alto Piura	173	s.i.		
	14	Juan Velasco Alvarado	245	3 544.585		
	15	San José de Hualcas	145	7 908.300		
	16	San Juan de Mamayaco	60	5 010.000		
	17	Santa Catalina de Moza	873	8 807.210		
	18	Caracucho y Jacanas	205	1 031.880		
	19	Simiris	860	7 191.120		
	20	Tamboya	325	7 717.500		
	21	Yamango	590	10 416.250		
	22	Coca Mambluque San Cristóbal	1 836	5 798.200		
	SUB TOTAL			9 607		125 815.053
AYAB.	77	Varias comunidades de AYABACA	21 557	515 063.550		
	SUB TOTAL			21 557		515 063.550
HBBA	19	Varias comunidades de HUANCABAMBA	2 546	164 549.040		
	SUB TOTAL			9 607		164 549.040
TOTAL			116 476	2 133 973.64		

Fuente: (Cabrejos Vásquez, 2011).

2.5 Estudio de la demanda de la red

Para calcular la demanda de la red ha diseñar, se delimitó el área geográfica de cobertura de la red de influencia del proyecto. Luego se analiza el tipo de mercado y los requerimientos de servicios de telecomunicaciones y el ancho de banda necesarios para la población beneficiada.

De acuerdo al estudio de población hecho en la provincia de Piura con datos proporcionados por el INEI, se ha determinado el número de: localidades beneficiadas, locales escolares, instituciones de salud, dependencias policiales y la población beneficiada, como se muestra en la

Tabla 2.9 . Se puede ver los detalles de las localidades beneficiadas para la provincia de Huancabamba en la Tabla 2.10.

Tabla 2.9 Localidades beneficiadas, instituciones y población.

Localidades beneficiadas	Locales escolares	Dependencias policiales	Instituciones de salud	Población proyectada al año 2016
53	65	5	20	126129

Fuente: INEI.

En la Tabla 2.11 se muestra la distribución de las instituciones por localidad.

Tabla 2.10 Localidades beneficiadas, instituciones y población.

NRO	DISTRITO	LOCALIDAD
1	CANCHAQUE	LA ESPERANZA
2	CANCHAQUE	LOS RANCHOS
3	CANCHAQUE	PALAMBLA
4	EL CARMEN DE LA FRONTERA	CAJAS ALUMBRE
5	EL CARMEN DE LA FRONTERA	CHULUCANAS ALTO
6	EL CARMEN DE LA FRONTERA	CHULUCANAS BAJO
7	EL CARMEN DE LA FRONTERA	EL PORVENIR
8	EL CARMEN DE LA FRONTERA	SALALA
9	EL CARMEN DE LA FRONTERA	SAPALACHE
10	EL CARMEN DE LA FRONTERA	SICCEQUISTERIOS
11	EL CARMEN DE LA FRONTERA	TALANEO
12	EL CARMEN DE LA FRONTERA	TAMBILLO
13	EL CARMEN DE LA FRONTERA	YUMBE
14	HUANCABAMBA	ALUMBRE
15	HUANCABAMBA	COMENDEROS ALTO
16	HUANCABAMBA	HUAMANY
17	HUANCABAMBA	JACocha
18	HUANCABAMBA	JICATE BAJO
19	HUANCABAMBA	ÑANGALI
20	HUANCABAMBA	PARIAMARCA ALTO
21	HUANCABAMBA	RODEOPAMPA
22	HUANCABAMBA	TAYAPAMPA
23	HUARMACA	COLLONAYUC
24	HUARMACA	CUCHUPAMPA
25	HUARMACA	EL CEDRO
26	HUARMACA	FALSO CORRAL
27	HUARMACA	HINTON
28	HUARMACA	HUARMACA
29	HUARMACA	LA LOMA
30	HUARMACA	LA RINCONADA
31	HUARMACA	LAGUNA DE SUCCHIRCA
32	HUARMACA	MARAYPAMPA
33	HUARMACA	MOLULO
34	HUARMACA	PARGUYUC
35	HUARMACA	ROSAS
36	HUARMACA	RUMICHACA
37	HUARMACA	SAHUATE HUALANGA
38	HUARMACA	SAHUATIRCA
39	HUARMACA	SANTA ROSA
40	HUARMACA	SANTA TERESA
41	HUARMACA	SUCCHA
42	HUARMACA	SUCCHIRCA
43	HUARMACA	SUCCHURAN
44	HUARMACA	TOLINGAS
45	HUARMACA	TRIGAL
46	HUARMACA	TUNAS
47	HUARMACA	YUMBE
48	LALAQUIZ	MAYLAND
49	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	EL TAMBO
50	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE
51	SONDOR	CASHAYNAMO
52	SONDOR	GUARDALAPA
53	SONDORILLO	SONDORILLO

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.11 Instituciones públicas en localidades beneficiadas.

Nro	Localidad	Loc. Es- colares	Centros de Salud	Comisarias	Otros
1	LA ESPERANZA	1	0	0	0
2	LOS RANCHOS	2	1	1	0
3	PALAMBLA	2	0	0	0
4	CAJAS ALUMBRE	1	0	0	0
5	CHULUCANAS ALTO	1	0	0	0
6	CHULUCANAS BAJO	1	0	0	0
7	EL PORVENIR	1	0	0	0
8	SALALA	1	1	0	0
9	SAPALACHE	2	1	0	0
10	SICCEQUISTERIOS	2	0	0	0
11	TALANEO	1	0	0	0
12	TAMBILLO	0	1	0	0
13	YUMBE	1	0	0	0
14	ALUMBRE	1	0	0	0
15	COMENDEROS ALTO	1	0	0	0
16	HUAMANY	1	0	0	0
17	JACocha	1	0	0	0
18	JICATE BAJO	1	1	0	0
19	NANGALI	2	1	0	0
20	PARIAMARCA ALTO	2	0	0	0
21	RODEOPAMPA	1	0	0	0
22	TAYAPAMPA	1	0	0	0
23	COLLONAYUC	1	0	0	0
24	CUCHUPAMPA	2	0	0	0
25	EL CEDRO	1	0	0	0
26	FALSO CORRAL	1	0	0	0
27	HINTON	1	1	0	0
28	HUARMACA	3	1	1	0
29	LA LOMA	2	1	0	0
30	LA RINCONADA	1	0	0	0
31	LAGUNA DE SUCCHIRCA	2	0	0	0
32	MARAYPAMPA	1	0	0	0
33	MOLULO	1	0	0	0
34	PARGUYUC	1	0	0	0
35	ROSAS	1	0	0	0
36	RUMICHACA	1	0	0	0
37	SAHUATE HUALANGA	1	0	0	0
38	SAHUATIRCA	2	0	0	0
39	SANTA ROSA	1	0	0	0
40	SANTA TERESA	1	1	0	0
41	SUCCHA	1	0	0	0
42	SUCCHIRCA	1	1	0	0
43	SUCCHURAN	1	0	0	0
44	TOLINGAS	1	1	0	0
45	TRIGAL	1	1	0	0
46	TUNAS	1	1	0	0
47	YUMBE	1	0	0	0
48	MAYLAND	1	1	0	0
49	EL TAMBO	0	1	0	0
50	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	3	1	1	0
51	CASHAYNAMO	0	1	0	0
52	GUARDALAPA	1	0	0	0
53	SONDORILLO	2	1	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo información del informe de Osiptel, para los porcentajes de penetración de los diferentes servicios a ofrecer, así como anchos de banda. Para realizar una mejor aproximación de la demanda se usó los datos proporcionados por la Encuesta Nacional de Hogares Sobre Condiciones de Vida y Pobreza – ENAHO 2015, en el área urbana y rural de la provincia del presente estudio. Esta encuesta permite el análisis y diseño de políticas en el área social y la evaluación del impacto de las mismas en las condiciones de vida de la población (INEI, 2015). En la Tabla 2.12 se muestran estos datos. Adicionalmente en esta tabla se observa la distribución de la población para la provincia de Huancabamba.

En la Tabla 2.13 se considera los nuevos criterios de asignación de banda ancha.

Para el cálculo de la demanda futura en la provincia de Huancabamba, se recurrió a un listado de abonados de los servicios (telefonía, internet y televisión por cable). En la Tabla 2.14, se considera la población proyectada al año 10, y la cantidad de usuarios potenciales de los diferentes servicios. Luego se consolida la información anterior, donde se proyecta la cantidad de potenciales usuarios de cada servicio en los centros poblados.

Tabla 2.12 Penetración de servicios de telecomunicaciones.

Servicio	Urbano	Rural
Telefonía Fija	27.60%	2.60%
Telefonía Móvil	82.20%	53.20%
Televisión por cable	30.30%	6.50%
Internet	20%	2%
Demanda esperada proyectada	58.60%	

Fuente: Osiptel.

Con la cantidad de usuarios potenciales en los servicios establecidos, se establece un promedio de tráfico generado por los servicios de telefonía, tanto

móvil como fija. Para el caso de los abonados de internet se basó en el comportamiento de 2 Mbpsx250Kbps para el plan residencial. Para el plan institucional se fijó el comportamiento de 2 Mbps x 250 Kbps. También se basó en el supuesto de una simultaneidad promedio de 5 a 1 para el tráfico en el servicio de internet. En la Tabla 2.15 se muestran los resultados.

Tabla 2.13 Nuevos criterios de asignación de banda ancha.

Servicio	Velocidad
Colegio	2 Mbps (30% aulas)
Universidades	50 Mbps
Puestos de Salud	2 Mbps
Centros de Salud	4 Mbps
Hospitales	8 Mbps
Instituciones de Salud	4 Mbps
Comisarias	2 Mbps
Gobernaciones/Municipalidades	4 Mbps
Sedes de Banco de la Nación	2 Mbps
Museos	2 Mbps

Fuente: Fitel. Talleres Macroregionales.

Para los servicios de telefonía fija y telefonía móvil se ha establecido un grado de servicio de 99%, que significa una probabilidad de bloqueo del 1%. En la Tabla 2.16 se observa el cálculo de la cantidad de troncales o canales telefónicos necesarios para estos centros poblados.

Tabla 2.14 Usuarios Potenciales de la Provincia de Huancabamba.

NRO	Localidad	Población	usuarios		
			Móvil	Fijo	Internet
1	LA ESPERANZA	452	103	26	46
2	LOS RANCHOS	513	117	30	52
3	PALAMBLA	517	118	30	53
4	CAJAS ALUMBRE	378	86	22	38
5	CHULUCANAS	368	84	22	38
6	CHULUCANAS ALTO				
6	CHULUCANAS BAJO	654	149	38	67
7	EL PORVENIR	513	117	30	52
8	SALALA	873	199	50	88
9	SAPALACHE	594	135	34	61
10	SICCEQUISTERIOS	846	192	49	85
11	TALANEO	941	214	54	96
12	TAMBILLO	224	51	13	23
13	YUMBE	510	116	30	52
14	ALUMBRE	490	111	28	50
15	COMENDEROS	445	111	28	50
16	ALTO				
16	HUAMANY	402	91	23	46
17	JOCOCHA	760	173	44	77
18	JICATE BAJO	678	154	39	69
19	ÑANGALI	759	172	44	76
20	PARIAMARCA ALTO	386	88	22	40
21	RODEOPAMPA	460	104	27	47
22	TAYAPAMPA	374	85	22	38
23	COLLONAYUC	422	96	25	43
24	CUCHUPAMPA	458	104	27	47
25	EL CEDRO	281	64	16	29
26	FALSO CORRAL	166	38	10	17
27	HINTON	526	120	31	53
28	HUARMACA	2667	606	153	268
29	LA LOMA	338	77	20	35
30	LA RINCONADA	440	100	26	45
31	LAGUNA DE SUCCHIRCA	304	69	18	32
32	MARAYPAMPA	396	90	23	41
33	MOLULO	441	100	26	45
34	PARGUYUC	435	99	25	44
35	ROSAS	122	28	7	9
36	RUMICHACA	130	30	8	9
37	SAHUATE HUALANGA	470	107	27	31
38	SAHUATIRCA	584	133	34	39
39	SANTA ROSA	432	99	25	29
40	SANTA TERESA	330	75	19	22
41	SUCCHA	326	74	19	22
42	SUCCHIRCA	721	164	42	48
43	SUCCHURAN	146	34	9	10
44	TOLINGAS	299	68	18	20
45	TRIGAL	259	59	15	18
46	TUNAS	117	27	7	8
47	YUMBE	371	84	22	25
48	MAYLAND	70	16	4	5
49	EL TAMBO	215	49	13	23
50	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	1200	273	69	121
51	CASHAYNAMO	216	49	13	23
52	GUARDALAPA	372	85	22	38
53	SONDORILLO	378	86	22	38

Fuente: INEI.

Tabla 2.15 Trafico de telefonía móvil, fija y usuarios de internet.

Nro	Localidad	Trafico Erlang de		Internet Usuarios Simul- táneos
		Telefonía Móvil	Telefonía Fija	
1	LA ESPERANZA	0.67	0.43	12
2	LOS RANCHOS	0.78	0.5	13
3	PALAMBLA	0.78	0.5	14
4	CAJAS ALUMBRE	0.57	0.37	10
5	CHULUCANAS	0.56	0.37	10
6	CHULUCANAS ALTO BAJO	0.99	0.63	17
7	EL PORVENIR	0.78	0.5	13
8	SALALA	1.33	0.83	22
9	SAPALACHE	0.9	0.57	16
10	SIECCEQUISTERIOS	1.28	0.82	22
11	TALANEO	1.43	0.9	24
12	TAMBILLO	0.34	0.22	6
13	YUMBE	0.77	0.5	13
14	ALUMBRE	0.74	0.47	13
15	COMENDEREMOS ALTO	0.67	0.43	12
16	HUAMANY	0.61	0.38	11
17	JOCOCHA	1.15	0.73	20
18	JICATE BAJO	1.03	0.65	18
19	ÑANGALI	1.14	0.73	19
20	ARIAMARCA AL- TO	0.58	0.37	10
21	RODEOPAMPA	0.69	0.45	12
22	TAYAPAMPA	0.57	0.37	10
23	COLLONAYUC	0.64	0.42	11
24	COCHUPAMPA	0.69	0.45	12
25	EL CEDRO	0.43	0.27	8
26	FALSO CORRAL	0.25	0.17	5
27	HINTON	0.8	0.52	14
28	HUARMACA	4.04	2.55	67
29	LA LOMA	0.51	0.33	9
30	LA RINCONADA	0.67	0.43	12
31	LAGUNA DE SUC- CHIRCA	0.46	0.3	8
32	MARAYPAMPA	0.6	0.38	11
33	MOLULO	0.67	0.43	12
34	PARGUYUC	0.66	0.42	11
35	ROSAS	0.18	0.12	4
36	RUMICHACA	0.2	0.13	4
37	SAHUATE HUALAN- GA	0.71	0.45	12
38	SAHUATIRCA	0.88	0.57	15
39	SANTA ROSA	0.66	0.42	11
40	SANTA TERESA	0.5	0.32	9
41	SUCCHA	0.49	0.32	9
42	SUCCHIRCA	1.09	0.7	19
43	SUCCHURAN	0.23	0.15	4
44	TOLINGAS	0.45	0.3	8
45	TRIGAS	0.39	0.25	7
46	TUNAS	0.18	0.12	4
47	YUMBE	0.56	0.36	10
48	MAYLAND	0.11	0.01	2
49	EL TAMBO	0.33	0.22	6
50	SAN MIGUEL DEL FAIQUE	1.82	1.15	31
51	CASHAYNAMO	0.33	0.22	6
52	GUARDALAPA	0.57	0.37	10
53	SONDORILLO	0.57	0.37	10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.16 Líneas necesarias para telefonía móvil y fija.

Nro	Localidad	Telefonía Móvil	Telefonía Fija
NRO	LOCALIDAD	MOVIL	FIJO
1	LA ESPERANZA	4	3
2	LOS RANCHOS	4	3
3	PALAMBLA	4	3
4	CAJAS ALUMBRE	3	3
5	CHULUCANAS	3	3
6	ALTO CHULUCANAS	4	3
7	BAJO EL PORVENIR	4	3
8	SALALA	5	4
9	SAPALACHE	4	3
10	SIECCEQUISTERIOS	5	4
11	TALANEO	5	4
12	TAMBILLO	3	2
13	YUMBE	4	3
14	ALUMBRE	4	3
15	COMENDEREMOS	4	3
16	ALTO HUAMANY	3	3
17	JOCOCHA	5	4
18	JICATE BAJO	4	3
19	ÑANGALI	5	4
20	PARIAMARCA AL- TO	3	3
21	RODEOPAMPA	4	3
22	TAYAPAMPA	3	3
23	COLLONAYUC	3	3
24	COCHUPAMPA	4	3
25	EL CEDRO	3	2
26	FALSO CORRAL	2	2
27	HINTON	4	3
28	HUARMACA	9	7
29	LA LOMA	3	3
30	LA RINCONADA	4	3
31	LAGUNA DE SUC- CHIRCA	3	3
32	MARAYPAMPA	3	3
33	MOLULO	4	3
34	PARGUYUC	4	3
35	ROSAS	2	2
36	RUMICHACA	2	2
37	SAHUATE HUALAN- GA	4	3
38	SAHUATIRCA	4	3
39	SANTA ROSA	4	3
40	SANTA TERESA	3	3
41	SUCCHA	3	3
42	SUCCHIRCA	4	4
43	SUCCHURAN	2	2
44	TOLINGAS	3	3
45	TRIGAS	3	2
46	TUNAS	2	2
47	YUMBE	3	3
48	MAYLAND	2	2
49	EL TAMBO	3	2
50	SAN MIGUEL DEL FAIQUE	6	5
51	CASHAYNAMO	3	2
52	GUARDALAPA	3	3
53	SONDORILLO	3	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.17 Demanda en Mbps por localidad en la provincia de Huancabamba.

Nro	Localidad	Download (Mbps)		Upload (Mbps)	
		100 %	40 %	100 %	40 %
1	LA ESPERANZA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
2	LOS RANCHOS	26.792	10.7168	6.824	2.7296
3	PALAMBLA	28.84	11.536	7.336	2.9344
4	CAJAS ALUMBRE	20.624	8.2496	5.264	2.1056
5	CHULUCANAS	20.624	8.2496	5.264	2.1056
6	CHULUCANAS ALTO				
6	CHULUCANAS BAJO	34.984	13.9936	8.872	3.5488
7	EL PORVENIR	26.792	10.7168	6.824	2.7296
8	SALALA	45.272	18.1088	11.48	4.592
9	SAPALACHE	32.936	13.1744	8.36	3.344
10	SIECCEQUISTERIOS	45.272	18.1088	11.48	4.592
11	TALANEO	49.368	19.7472	12.504	5.0016
12	TAMBILLO	12.408	4.9632	3.192	1.2768
13	YUMBE	26.792	10.7168	6.824	2.7296
14	ALUMBRE	26.792	10.7168	6.824	2.7296
15	COMENDEREMOS	24.744	9.8976	6.312	2.5248
	ALTO				
16	HUAMANY	22.672	9.0688	5.776	2.3104
17	JOCOCHA	41.176	16.4704	10.456	4.1824
18	JICATE BAJO	37.032	14.8128	9.384	3.7536
19	ÑANGALI	39.128	15.6512	9.944	3.9776
20	PARIAMARCA AL-TO	20.624	8.2496	5.264	2.1056
21	RODEOPAMPA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
22	TAYAPAMPA	20.624	8.2496	5.264	2.1056
23	COLLONAYUC	22.672	9.0688	5.776	2.3104
24	COCHUPAMPA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
25	EL CEDRO	16.504	6.6016	4.216	1.6864
26	FALSO CORRAL	10.336	4.1344	2.656	1.0624
27	HINTON	28.84	11.536	7.336	2.9344
28	HUARMACA	137.6	55.04	34.688	13.8752
29	LA LOMA	18.576	7.4304	4.752	1.9008
30	LA RINCONADA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
31	LAGUNA DE SUC-CHIRCA	16.528	6.6112	4.24	1.696
32	MARAYPAMPA	22.672	9.0688	5.776	2.3104
33	MOLULO	24.744	9.8976	6.312	2.5248
34	PARGUYUC	22.696	9.0784	5.8	2.32
35	ROSAS	8.288	3.3152	2.144	0.8576
36	RUMICHACA	8.288	3.3152	2.144	0.8576
37	SAHUATE HUALAN-GA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
38	SAHUATIRCA	30.888	12.3552	7.848	3.1392
39	SANTA ROSA	22.696	9.0784	5.8	2.32
40	SANTA TERESA	18.576	7.4304	4.752	1.9008
41	SUCCHA	18.576	7.4304	4.752	1.9008
42	SUCCHIRCA	39.104	15.6416	9.92	3.968
43	SUCCHURAN	8.288	3.3152	2.144	0.8576
44	TOLINGAS	16.528	6.6112	4.24	1.696
45	TRIGAS	14.456	5.7824	3.704	1.4816
46	TUNAS	8.288	3.3152	2.144	0.8576
47	YUMBE	20.624	8.2496	5.264	2.1056
48	MAYLAND	4.192	1.6768	1.12	0.448
49	EL TAMBO	12.408	4.9632	3.192	1.2768
50	SAN MIGUEL DEL FAIQUE	63.752	25.5008	16.136	6.4544
51	CASHAYNAMO	12.408	4.9632	3.192	1.2768
52	GUARDALAPA	20.624	8.2496	5.264	2.1056
53	SONDORILLO	20.624	8.2496	5.264	2.1056
Total		1396.992	558.7968	355.584	142.2336

Fuente: Elaboración propia.

Para una red con aplicaciones de videoconferencia se sustentó en el comportamiento de la demanda de abonados de internet que requieren una velocidad mínima de 2 Mbps de bajada (download) y 0.5 Mbps de velocidad de subida (upload) con un servicio garantizado de 40% a los potenciales usuarios de Internet, un canal de 32Kbps para la demanda de las líneas telefónicas comerciales fija o móvil. Hay que resaltar que los servicios de banda ancha irán a la par con los servicios telefónicos. En la Tabla 2.17 se obtiene la demanda por localidad.

A las instituciones seleccionadas se brindará conectividad de Internet con velocidades de acuerdo a los nuevos criterios, mostradas en la Tabla 2.13. En la Tabla 2.18 se obtiene el consolidado de las demandas por cada localidad.

Tabla 2.18 Demanda en Mbps por localidad en la provincia de Huancabamba – considerando instituciones beneficiadas.

Nro	Localidad	Download (Mbps)		Upload (Mbps)	
		100 %	40 %	100 %	40 %
1	LA ESPERANZA	26.744	11.8976	8.312	4.5248
2	LOS RANCHOS	36.792	20.7168	16.824	12.7296
3	PALAMBLA	32.84	15.536	11.336	6.9344
4	CAJAS ALUMBRE	22.624	10.2496	7.264	4.1056
5	CHULUCANAS	22.624	10.2496	7.264	4.1056
6	CHULUCANAS ALTO				
6	CHULUCANAS BAJO	36.984	15.9936	10.872	5.5488
7	EL PORVENIR	28.792	12.7168	8.824	4.7296
8	SALALA	51.272	24.1088	17.48	10.592
9	SAPALACHE	42.936	23.1744	18.36	13.344
10	SIECCEQUISTERIOS	49.272	22.1088	15.48	8.592
11	TALANEO	55.368	25.7472	18.504	11.0016
12	TAMBILLO	16.408	8.9632	7.192	5.2768
13	YUMBE	28.792	18.7168	8.824	4.7296
14	ALUMBRE	26.792	10.7168	6.824	2.7296
15	COMENDEREMOS	26.744	11.8976	8.312	4.5248
	ALTO				
16	HUAMANY	24.672	11.0688	7.776	4.3104
17	JOCOCHA	43.176	18.4704	12.456	6.1824
18	JICATE BAJO	43.032	20.8128	15.384	9.7536
19	ÑANGALI	47.128	23.6512	17.944	11.9776
20	PARIAMARCA AL-TO	24.624	12.2496	9.264	6.1056
21	RODEOPAMPA	26.744	11.8976	8.312	4.5248
22	TAYAPAMPA	22.624	10.2496	7.264	4.1056
23	COLLONAYUC	24.672	11.0688	7.776	4.3104
24	COCHUPAMPA	28.744	13.8976	10.312	6.5248
25	EL CEDRO	18.504	8.6016	6.216	3.6864
26	FALSO CORRAL	12.336	6.1344	4.656	3.0624
27	HINTON	34.84	15.536	13.336	8.9344
28	HUARMACA	149.6	57.04	46.688	25.8752
29	LA LOMA	26.576	15.4304	12.752	9.9008
30	LA RINCONADA	26.744	11.8976	8.312	4.5248
31	LAGUNA DE SUC-CHIRCA	20.528	10.6112	8.24	5.696
32	MARAYPAMPA	24.672	11.0688	7.776	4.3104
33	MOLULO	26.744	11.8976	8.312	4.5248
34	PARGUYUC	24.696	11.0784	7.8	4.32
35	ROSAS	10.288	5.3152	4.144	2.8576
36	RUMICHACA	10.288	5.3152	4.144	2.8576
37	SAHUATE HUALAN-GA	26.744	11.8976	8.312	4.5248
38	SAHUATIRCA	34.888	16.3552	11.848	7.1392
39	SANTA ROSA	24.696	11.0784	7.8	4.32
40	SANTA TERESA	24.576	13.4304	10.752	7.9008
41	SUCCHA	20.576	9.4304	6.752	3.9008
42	SUCCHIRCA	45.104	21.6416	15.92	9.968
43	SUCCHURAN	10.288	5.3152	4.144	2.8576
44	TOLINGAS	22.528	12.6112	10.24	7.696
45	TRIGAS	20.456	11.7824	9.704	7.4816
46	TUNAS	14.288	9.3152	8.144	6.8576
47	YUMBE	22.624	10.2496	7.264	4.1056
48	MAYLAND	6.192	3.6768	3.12	2.448
49	EL TAMBO	16.408	8.9632	7.192	5.2768
50	SAN MIGUEL DEL FAIQUE	75.752	37.5008	28.136	18.4544
51	CASHAYNAMO	16.408	8.9632	7.192	5.2768
52	GUARDALAPA	22.624	10.2496	7.264	4.1056
53	SONDORILLO	30.624	18.2496	15.264	12.1056
Total		2130.4	919.36	616.6	313.84

Fuente: Elaboración propia.

3 MARCO TEÓRICO

Al comienzo ignoramos la seguridad. La red se puso en un contexto académico, donde nos conocíamos todos.

- Leonard Kleinrock -

3.1 Marco Conceptual

3.1.1 Ancho de Banda

Para una señal analógica es el rango de frecuencia medida en Hertz en el cual se concentra la mayor parte de la energía de la señal; se calcula a partir de una señal mediante el análisis de Fourier. “En la Comunidad de Internet, el termino se usa imprecisamente para referirse a la capacidad del canal o la razón de bit de un canal” (Crowcroft, 1999, p.9). El ancho de banda digital representa la cantidad de información que puede fluir a través de un enlace de red en un período dado, que puede ser un segundo.

Las señales analógicas pueden transportar todo tipo de información, como la señal de video analógico que requiere un ancho de banda 4 MHz, no puede ser comprimida en una banda más pequeña. Por lo tanto si no se dispone del ancho de banda analógico

suficiente, no se podrá transmitir la señal. Por otra parte en transmisión digital, la información se envía como bits, independientemente del tipo de información del cual se trate. Información de voz, video y datos se procesan digitalmente y se convierten en bits y están preparados para su transmisión a través de medios digitales. La transmisión digital confiere al ancho de banda digital una significativa ventaja sobre el ancho de banda analógico. Es posible enviar cantidades ilimitadas de información a través de un canal digital con el ancho de banda relativamente más pequeño o más bajo. Independientemente de lo que la información digital demore en llegar a su destino y reensamblarse.

Claude. E. Shannon, matemático y criptógrafo relaciona la capacidad de información de un canal de comunicaciones con el ancho de banda y la relación señal a ruido como: $C = B \log_2 (1+S/N)$; donde: C=capacidad de información teórica máxima en bits por segundo, B=ancho de banda del canal en Hz, S/N=relacion de señal a ruido (adimensional), S y N dados en watts. En consecuencia es posible enviar cantidades ilimitadas de información a través de un canal digital con el ancho de banda más pequeño siempre y cuando cada símbolo transmitido debe contener más de un bit de información. “Para alcanzar el límite de Shannon de capacidad de información, se deben usar sistemas digitales con más de dos condiciones (símbolos) de salida” (Tomasi, 2003, p.468).

Las limitaciones en el ancho de banda surgen de las propiedades físicas de los medios de transmisión o por limitaciones que se imponen deliberadamente en el transmisor para prevenir interferencia con otras

fuentes que comparten el mismo medio. Cuanto mayor es el ancho de banda mayor es el costo del canal de comunicaciones.

3.1.2 **Velocidad efectiva vs nominal**

Según Cortes (2014) podemos suponer que la velocidad efectiva es solo un 40% de la velocidad nominal. Pone por ejemplo lo siguiente: cuando alguien nos dice que la red local (LAN) de nuestra oficina es 100BaseT, nos está diciendo que está basada en par trenzado o cable UTP y que la velocidad nominal de la red es de 100 Mbps. Entonces por esa red, no podemos esperar que realmente viajen más de $100 \times 40\% = 40\text{Mbps}$. Además añade, si por ejemplo, hemos determinado que una cámara requiere 2 Mbps, pues entonces no podremos colocar en esa red más de: $40\text{Mbps} / 2\text{Mbps} = 20$ cámaras. Para ilustrar más el ejemplo añade (Cortes, 2014), si la velocidad de mi enlace a Internet es de 6Mbps nominal entonces efectivo tengo $6 \times 40\% = 2.4\text{Mbps}$. Por lo tanto ese enlace me alcanza para una sola de las cámaras anteriores.

Otro enfoque de Cortes (2014) para la definición de velocidad nominal es la que se encuentra mencionada en el contrato que se hace con el ISP. Es decir, la que se publicita y sale a la luz pública. Sin embargo esta velocidad no es efectiva, es decir, no podemos usar la totalidad de la velocidad nominal que contratamos, porque ocurren varios factores (técnicos y comerciales) que afectan su desempeño. Mientras que la velocidad efectiva es la cantidad de bits por segundo que podemos realmente usar para nuestra señal de video.

3.1.3 Red Óptica Pasiva (PON)

Es una infraestructura de telecomunicaciones implementada mayormente por elementos ópticos, donde no existen componentes activos entre la oficina central y el abonado. Sólo se necesita de equipos activos en ambos extremos de la red para generar la señal óptica.

Los componentes ópticos pasivos son: cables de fibra óptica, bandejas de fibra óptica, divisores ópticos, face plates, conectores, acopladores y patch cords de fibra.

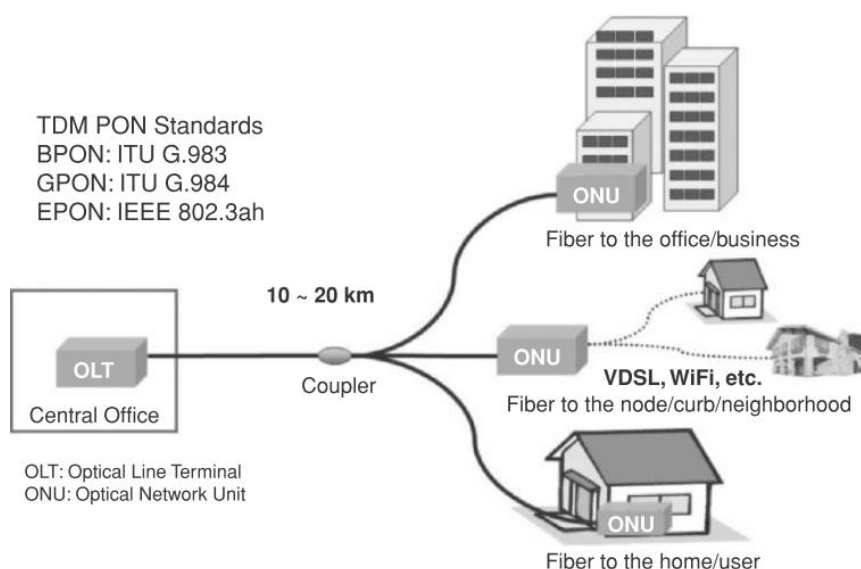


Figura 3.1 Red óptica pasiva (Kazovsky, Cheng, Shaw, Gutierrez, & Wong, 2011).

3.1.4 Redes Inalámbricas

Un sistema de comunicación inalámbrico es aquel que no utiliza alambres conductores como medio de transporte de información. Por otra parte se define a una red como el conjunto de dispositivos informáticos interconectados que comparten servicios, información y recursos. Por consiguiente una red inalámbrica, es aquella que permite conectar dispositivos inalámbricos mediante ondas

radioeléctricas. Esta red permite la interconexión de equipos electrónicos sin necesidad de instalar un cableado, esto trae como beneficio un ahorro en el presupuesto de la infraestructura.

“Es una red en la que los usuarios inalámbricos (y posiblemente móviles) están conectados a la infraestructura de red principal mediante un enlace inalámbrico al otro extremo de la red” (Kurose & Ross, 2013, p.514).

En la Figura 3.2 puede identificar los siguientes elementos en una red inalámbrica (Kurose & Ross, 2013).

- Terminales inalámbricos (Wireless hosts). Como en el caso de una red cableada, hosts son los dispositivos terminales que corren las aplicaciones. Un terminal inalámbrico puede ser una laptop, palmtop, smarthphone, o computador de escritorio. Los hosts pueden o no pueden ser móviles.
- Enlaces inalámbricos. Un host se conecta a una estación base o a otro host inalámbrico a través de un enlace de comunicación inalámbrico. Diferentes tecnologías de enlace inalámbrico tienen diferentes tasas de transmisión y pueden transmitir sobre diferentes distancias.
- Estación base. La estación base es una parte clave de la infraestructura de red inalámbrica. A diferencia del host inalámbrico y del enlace inalámbrico, una estación base no tiene una contrapartida obvia en una red cableada. Una estación base es responsable de enviar y recibir datos (por ejemplo: paquetes) hacia y desde un computador inalámbrico que esta asociado con esa estación base.

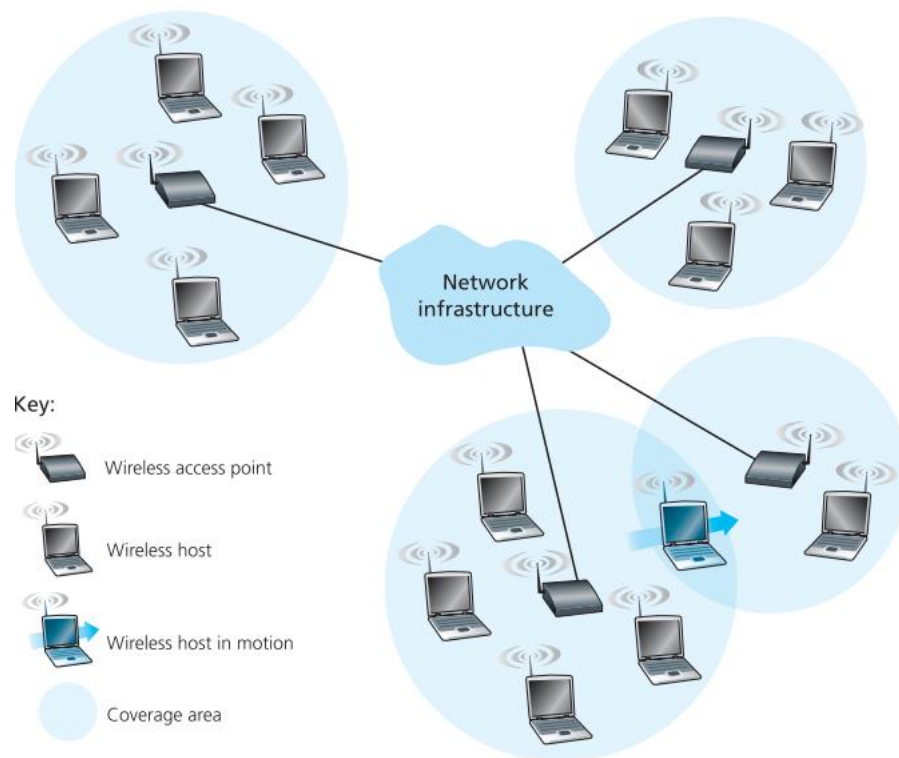


Figura 3.2 Elementos de una red inalámbrica (Kurose & Ross, 2013).

3.1.4.1 Tipos de redes inalámbricas

“Las redes inalámbricas pueden ser clasificados de diferentes tipos en base a la distancia que los datos pueden ser transmitidos. Las redes inalámbricas se están volviendo más penetrantes, aceleradas por las nuevas tecnologías de comunicaciones inalámbricas, equipos inalámbricos de bajo costo, y una mayor disponibilidad de acceso a internet” (Pareek, 2006, p.5).

Las tecnologías de comunicaciones inalámbricas se diferencian por la frecuencia de operación, ancho de banda, rango y aplicaciones. En la Figura 3.3 se muestran las tecnologías organizadas en cuatro categorías.

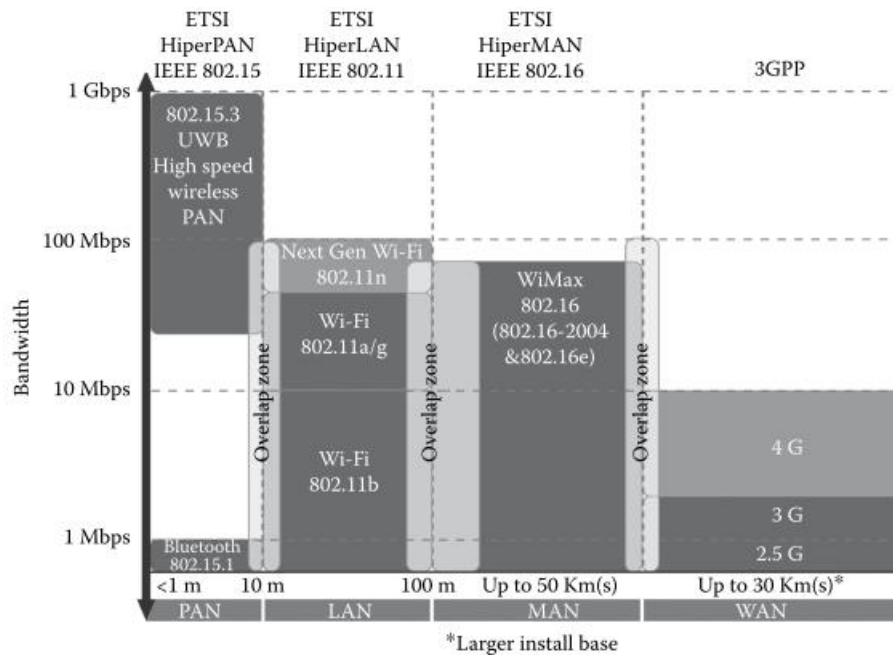


Figura 3.3. Tecnologías de acceso inalámbrico (Pareek, 2006).

3.1.5 Calidad de Servicio

“La totalidad de las características de un servicio de telecomunicaciones que determinan su capacidad para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas del usuario del servicio” (UIT-T, 2008).

Conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el transporte de un flujo (IETF, 1998).

3.1.5.1 Requisitos de QoS del usuario/cliente (QoSR)

Declaración de los requisitos de QoS de un cliente/usuario, o de uno o varios segmentos de la clientela/los usuarios con requisitos o necesidades de calidad de funcionamiento exclusivos (UIT-T, 2008).

3.1.5.2 QoS ofrecida/planificada por el proveedor de servicios (QoSO)

Declaración del nivel de calidad planificada y, por ende, ofrecida al cliente por el proveedor de servicios (UIT-T, 2008).

3.1.5.3 QoS proporcionada/lograda por el proveedor de servicio (QoSD)

Declaración del nivel de QoS lograda o proporcionada al cliente (UIT-T, 2008).

3.1.5.4 QoS experimentada/percibida por el cliente/usuario (QoSE)

Declaración del nivel de calidad que los clientes/usuarios consideran haber experimentado (UIT-T, 2008).

NOTA 1 – El nivel de QoS experimentada y/o percibida por el cliente/usuario puede expresarse utilizando notas de opinión.

NOTA 2 – La QoSE tiene dos principales componentes humanos: el cuantitativo y el cualitativo. El componente cuantitativo puede estar influido por todos los efectos del sistema de extremo a extremo (infraestructura de red).

Tabla 3.1 Métricas de QoS 1 de 2 (Romero, 2009).

<i>Parámetro</i>	<i>Significado</i>	<i>Ejemplo</i>
Disponibilidad	Tiempo mínimo que el operador asegura que la red estará en funcionamiento.	99.9%
Ancho de banda	Indica el ancho de banda mínimo que el operador garantiza al usuario dentro de su red.	2 Mbps
Pérdida de paquetes	Máximo de paquetes perdidos (siempre y cuando el usuario no exceda el caudal garantizado)	0.1%
Round Trip Delay	El retardo de ida y vuelta medio de los paquetes.	80 mseg
Jitter	La fluctuación que se puede producir en el retardo de ida y vuelta medio.	±20 mseg

Fuente: (Romero, 2009)

Tabla 3.2 Medidas de QoS 2 de 2 (Romero, 2009).

<i>Categoría de QoS</i>	<i>Parámetro de QoS</i>
Tiempo	Latencia
	Retraso
	Tiempo de recuperación
	Garantía
	Intervalos de sincronización
	Disponibilidad
	Tiempo de inicialización
Volumen de tráfico	Throughput
	Picos de volumen
Precisión	Precisión de direccionamiento
	Tasa de error
	Integridad
Robustez	Confianza
	Mantenibilidad
	Resistencia
	Supervivencia
Contabilidad	Costo
	Auditabilidad
Manejabilidad	Monitorizabilidad
	Control
Seguridad	Autenticación
	Confidencialidad
	Seguridad del tráfico del flujo

Fuente: (Romero, 2009)

3.1.6 Redes Multimedia

Las redes multimedia están sujetas a factores de red que son: Fallos de red, congestión, longitud de colas, pérdidas y desorden de paquetes.

Fallos de red, debido a interrupción del nodo o enlace. Es necesario la reconfiguración de las tablas de enrutamiento.

Congestión, cuando la red se satura producto de que el tráfico ofrecido es mayor que la capacidad del enlace. Sus posibles causas son un volumen de tráfico muy elevado, o en otro caso un *bottleneck* en la red.

Longitud de colas, está ligado a la capacidad de memoria de los enrutadores; una longitud corta ocasiona pérdidas y por el contrario una longitud larga ocasionará retardos elevados.

Pérdidas de paquetes, tienen como causa el sobreflujo de las colas y la detección de errores.

Desorden de paquetes, es característico del protocolo IP.

En la Tabla 3.3 se muestra los requerimientos de red para aplicaciones multimedia.

Tabla 3.3 Aplicaciones multimedia y requerimientos de ancho de banda.

Application	Bandwidth	Latency	Other Requirements
Voice over IP (VoIP)	64 kb/s	200 ms	Protection
Videoconferencing	2 Mb/s	200 ms	Protection
File sharing	3 Mb/s	1 s	
SDTV	4.5 Mb/s/ch	10 s	Multicasting
Interactive gaming	5 Mb/s	200 ms	
Telemedicine	8 Mb/s	50 ms	Protection
Real-time video	10 Mb/s	200 ms	Content distribution
Video on demand	10 Mb/s/ch	10 s	Low packet loss
HDTV	10 Mb/s/ch	10 s	Multicasting
Network-hosted software	25 Mb/s	200 ms	Security

Fuente: (Kazovsky et al., 2011).

3.1.7 Aplicaciones Multimedia en el Sector Agrícola y Ganadero

Hay muchas herramientas basadas en las TIC para el sector agrario donde se encuadran las actividades de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

Tabla 3.4 Aplicaciones multimedia para el sector agrario y ganadero.

Aplicación	País	Descripción
AgriNet Uganda Ltd	Uganda	Esta empresa trabaja con información en tiempo real y conecta a actores de la cadena de valor con información de mercados y con mercados clave, al igual que con servicios para el desarrollo de agronegocios, incluyendo información financiera personalizada directamente al teléfono móvil, tableros informativos y correos electrónicos. http://www.agrinetug.net
GPS	España	La combinación del GPS con los sistemas de información geográfica, GIS, ha hecho posible el desarrollo y aplicaciones de "la agricultura de precisión" o de localización específica. http://www.gps.gov/applications/agriculture/spanish.php
CropLife	África y el Medio Oriente	CropLife está probando un sistema en Uganda para validar que los insumos agrícolas sean genuinos (no falsificados). http://www.croplifeafrica.org
Digital Green	India	Digital Green es una organización que trabaja para aumentar la productividad agrícola mediante la capacitación de agricultores en áreas rurales y a través de breves videos formativos. http://www.digitalgreen.org
CartoDroid	España	Permite a agricultores, ganaderos y técnicos del sector gestionar toda la información relacionada con sus parcelas desde el móvil. http://www.agriculturaganaderia.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla100Detalle/1246464862173/_/1284696688508/Comunicacion
Drones		Con drones o plataformas UAV se pueden capturar imágenes de alta calidad de los cultivos, pudiendo cubrir cientos de hectáreas en un solo vuelo. http://eldrone.es/drones-y-sus-aplicaciones-en-el-sector-agricola/

Fuente: (Palmer, 2011).

3.1.8 Presupuesto de Enlace

Es el cálculo de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor hasta el receptor. Es importante para el funcionamiento del radioenlace.

Elementos de un radioenlace:

- Lado del transmisor: Potencia de transmisión, pérdidas en el cable, ganancia de antena.
- Lado de propagación: FSL, zona de Fresnel.
- Lado del receptor: Ganancia de antena, pérdidas en el cable, sensibilidad del receptor.

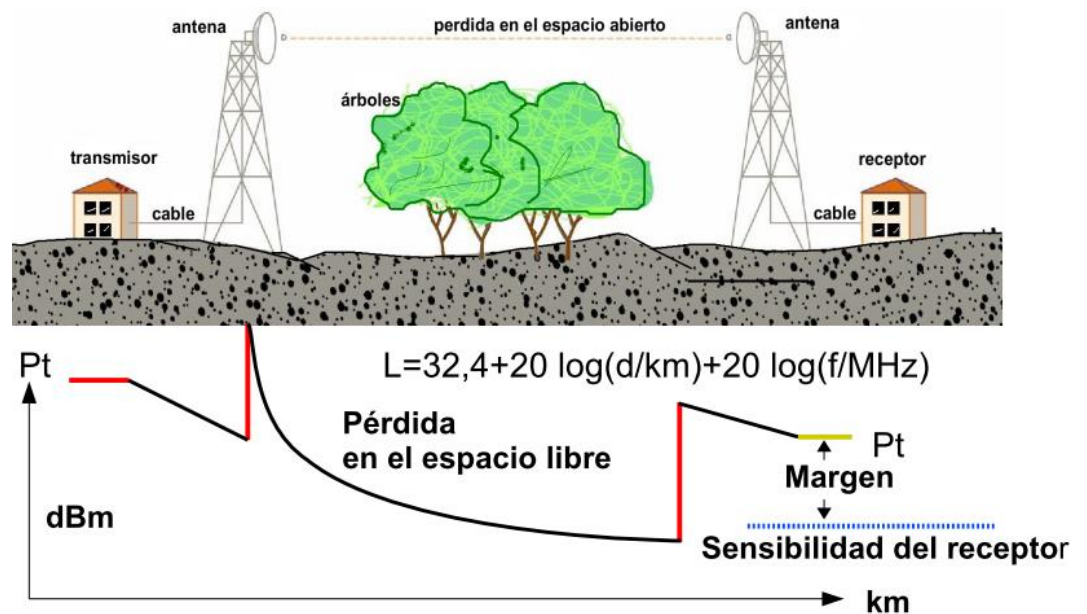


Figura 3.4 Elementos de un radioenlace (Buettrich, Escudero-Pascual, & Rodriguez, 2008).

3.1.8.1 Pérdidas en el espacio libre

$$\text{FSL (dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5$$

FSL= Pérdidas en el espacio libre

d = distancia (m)

f = frecuencia (Hz)

3.1.9 Redes de acceso híbrido óptico – inalámbrico

La demanda de ancho de banda en los últimos años va en aumento, como resultado del auge de aplicaciones multimedia. La fibra óptica es una alternativa que brinda la capacidad de transmisión de forma segura con baja interferencia, en forma segura, que además permite la creación de redes de alta velocidad por su inmunidad al ruido y las interferencias. Las redes de fibra óptica cuenta con desventajas como son: el alto costo en la conexión de fibra óptica, elevado costo de instalación, complejidad para reparar un cable de fibras roto.

Las redes ópticas pasivas (PONs) han surgido para reemplazar las redes de acceso de alambre de cobre para mejorar el ancho de banda, e IEEE 802.16 (WiMAX) se ha desarrollado para proporcionar acceso a internet flexible y económico. Dado que las actuales tecnologías de acceso tratan de abordar diferentes problemas, es difícil para una sola tecnología resolver todos los retos en las redes de acceso (Kazovsky et al., 2011). En la Figura 3.5 se muestra la convergencia de ambas tecnologías.

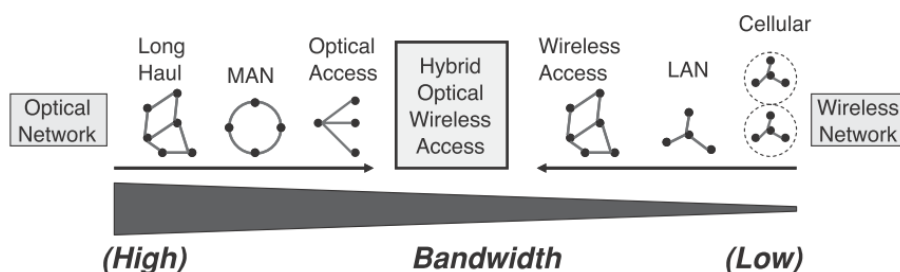


Figura 3.5 Convergencia de redes ópticas e inalámbricas en el segmento de acceso (Kazovsky et al., 2011).

La típica red móvil WiMAX se muestra en la Figura 3.6. Una estación base cubre una celda con radioenlace hasta 1 kilómetro en zonas urbanas, 1 a 3 km en una zona suburbana y más de 10 km en una zona rural. Para usuarios móviles, un móvil WiMAX puede soportar hasta 120 km/h con *handoff*. El objetivo de las aplicaciones de una red WiMAX incluyen voz a través de protocolo de internet (VoIP), videoconferencia, juegos interactivos en tiempo real, navegación web, mensajería instantánea y descarga multimedia (Kazovsky et al., 2011).

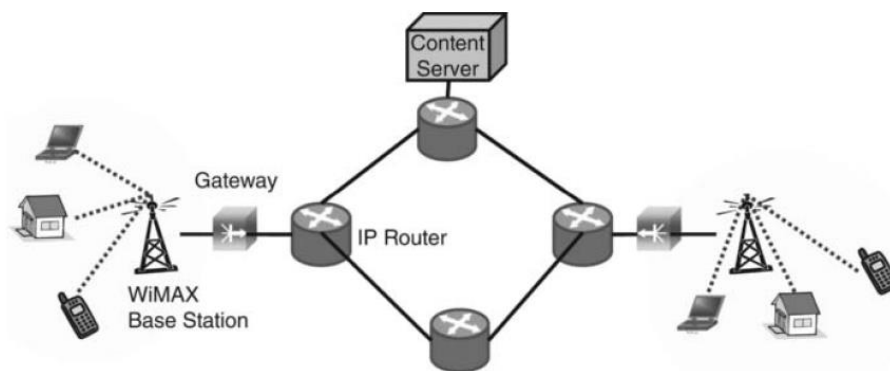


Figura 3.6 Arquitectura de red móvil WiMAX (Kazovsky et al., 2011).

3.1.10 Forma sistémica para el sector agroalimentario

Hennesy *et al.* (como se cito en Cuevas, 2008) han postulado que muchos problemas respecto a la inocuidad de los alimentos son de tipo sistémico y atribuyen la naturaleza de esas fallas sistémicas a cuatro tipos de causas: interconectividad del sistema, comunicación, información y tecnología. Por lo tanto es importante entender como interactúan las entidades y los subsistemas para ello consideramos el modelo propuesto por (Cuevas, 2008), obviamente existen otros

modelos para representar un sistema agroalimentario. En la Figura 3.7 se muestra el modelo.

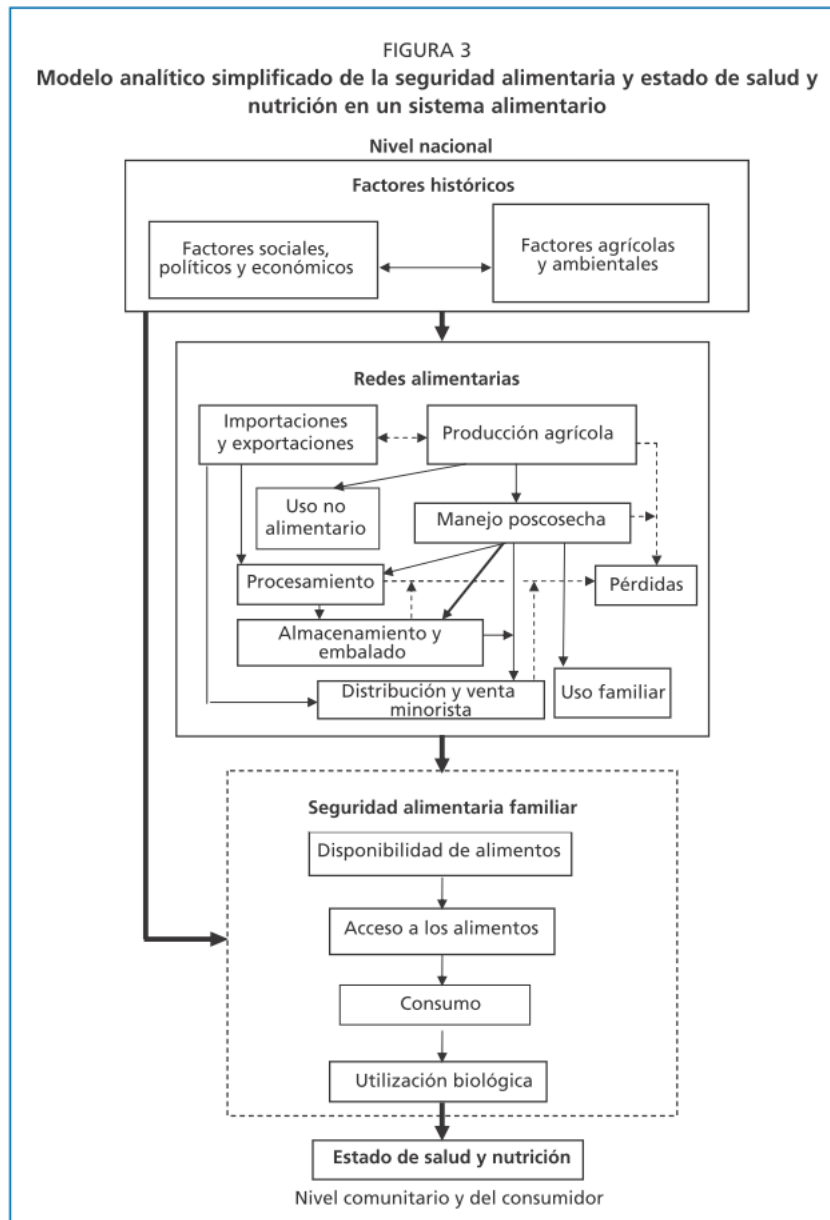


Figura 3.7 Modelo de un sistema agroalimentario. Fuente: (Cuevas, 2008)

3.1.1 Escenario Real

La compañía albertia systems ha desarrollado una propuesta de solución para plantear soluciones a las dificultades que deben sortear los operadores (albertia, 2010). Se toma como referencia este escenario debido a que es un ejemplo didáctico, para entender el funcionamiento final de la red. Se describirá la solución que nos brinda una mejor alternativa. Las otras propuestas de solución se pueden revisar en el documento del fabricante.

En la Figura 3.8 se muestra un escenario habitual al que un Operador se puede enfrentar (albertia, 2010).

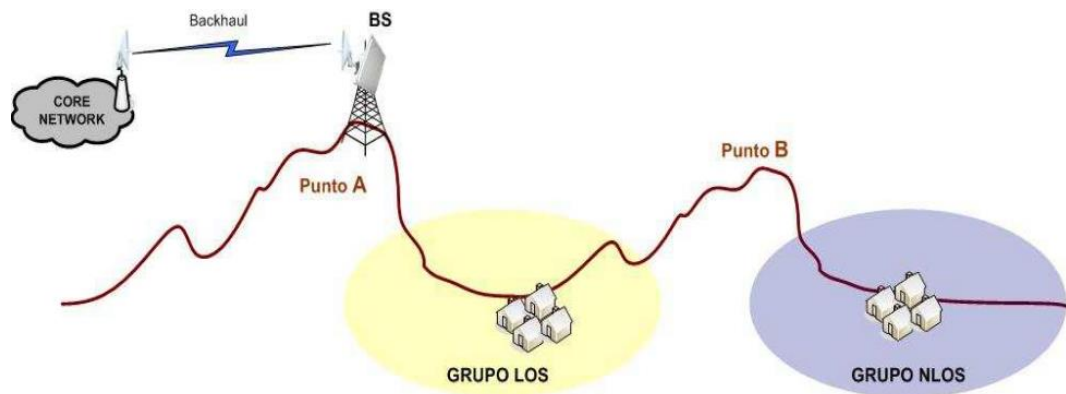


Figura 3.8 Escenario de ejemplo (albertia, 2010).

- Existe un punto dominante llamado "Punto A" desde el cual se quiere dar acceso de Banda Ancha a clientes finales mediante tecnología WiMAX. Para ello, se ubicará en este punto una Estación Base de Acceso (BS).
- Para llevar la conectividad al "Punto A" se utilizará un radioenlace de transporte en banda licenciada, actuando de Backhaul.
- En las viviendas de los clientes finales se instalarán terminales de usuario WiMAX (CPE), que deberán apuntar a una Estación Base.

- Existen dos grupos diferenciados de clientes; en el “Grupo LOS” se engloban aquellos clientes que tienen Línea de Vista directa con la BS, y que por tanto se puede conectar directamente a ella. Existe así mismo un “Grupo NLOS” de clientes que, debido a la orografía del terreno, no tienen línea de vista con la BS. La problemática del operador consiste en cómo dar cobertura a los clientes de este último grupo.
- Se ha localizado un punto, que denominaremos “Punto B”, desde el cual existe visión directa tanto con la BS del “Punto A” como con los usuarios del “Grupo NLOS”. El Operador quiere utilizar este punto para poder dar cobertura a los clientes del Grupo NLOS.

3.1.1.1 Posible solución (albentia, 2010)

3.1.1.1.1 Uso de un repetidor WiMAX

Esta propuesta consiste en instalar en “Punto B” un repetidor WiMAX. Este equipo tiene dos radios y dos conectores de antena: uno de ellos se apuntará a la BS Principal, y al otro se conectará una antena sectorial que dé cobertura a los usuarios en la zona NLOS. El esquema general se muestra en la Figura 3.9:

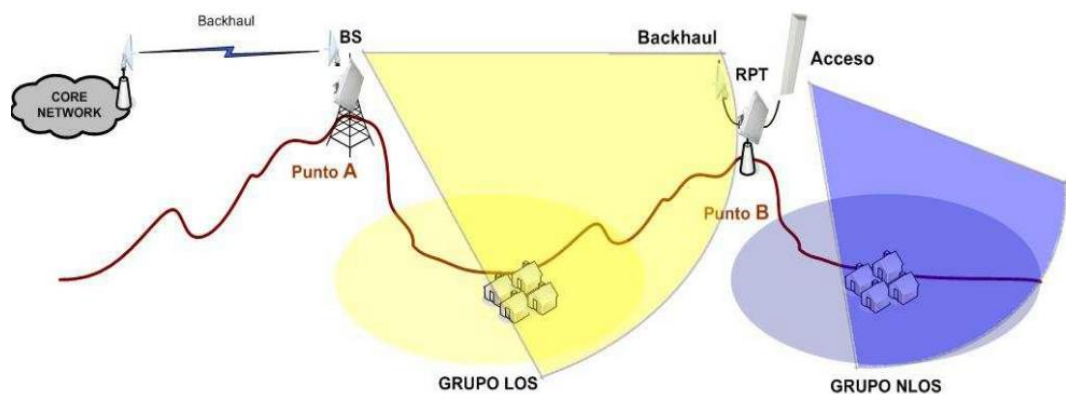


Figura 3.9 Propuesta de la compañía Albentia, usando un repetidor WiMAX (albentia, 2010).

La propuesta de solución de la compañía Albentia tiene las siguientes ventajas:

- Costes de equipamiento mínimos.
- Costes y complejidad de instalación mínimos, al reducir el número de equipos necesarios. En el punto B sólo hay que instalar un repetidor con dos antenas, además de tirar un cable Ethernet y de colocar un alimentador en caseta.
- Transparencia: Todos los clientes, independientemente de que se conecten directamente o a través del repetidor, serán tratados de la misma forma en la BS. Esto significa que a efectos de gestión, de configuración, de Networking, ... todos tendrán las mismas oportunidades, resultando en una red más homogénea.
- Latencia: Al estar conectados directamente a la BS, las latencias de todos los usuarios, directos o a través de repetidor, son las similares. La latencia que introduce el equipo Repetidor es despreciable ya que la señal recibida por un extremo simplemente se amplifica y se retransmite por el otro extremo (albentia, 2010).

La desventaja resaltante de esta solución es que sólo se pueden poner hasta 3 repetidores en cadena.

3.2 Antecedentes Investigativos

Según Goyal & González-Velosa (2013) las TICs pueden mejorar las oportunidades de los agricultores en los mercados agrícolas y capacitar a los pequeños agricultores. Desafortunadamente, agregan que, debido a los altos costos de información, muchos agricultores toman sus decisiones de producción y ventas en ausencia de suficiente información. Alguna evidencia

de este tema ha sido recopilada por el departamento de Boyacá, en el centro de Colombia. Camacho & Conover (como se citó en Goyal & González-Velosa, 2013) manifiesta como en esta región, 26 por ciento de los agricultores no sabe el precio de su producto si es comprado en la granja, el 43 por ciento no sabe el precio de su producto en el mercado municipal y el 63 por ciento no conocen el precio de su producto en Bogotá. Asimismo Jensen (como se citó en Goyal & González-Velosa, 2013), los agricultores en pocas ocasiones venden directamente a los consumidores; en lugar de eso suele existir una cadena de suministro compuesta por agentes, mayoristas, minoristas y otros intermediarios. La introducción de las TIC permite a los agricultores operar más eficientemente y aprovechar las ventajas de las oportunidades.

Investiga el impacto de la disponibilidad de banda ancha en la actividad económica medida por las tasas de empleo local. Utilizando datos de panel sobre cobertura de banda ancha en 8 460 municipios de Alemania Occidental para el período de 2005 a 2009. Encuentra una relación global positiva, pero económicamente más bien limitada, entre el empleo local y la infraestructura local de banda ancha. El efecto es mayor en municipalidades rurales y es probable que provenga del sector de servicios. Finalmente concluye que un 10 por ciento de incremento en disponibilidad de ancho de banda en áreas rurales se asocia con un 0.09 a 0.15 por ciento de incremento en la tasa de empleo local (Fabritz, 2013).

Pasquel Cajas (2016) propone el diseño de una red de transporte de datos para la Región Huánuco y de esa manera, mejorar la conectividad de los usuarios hacia servicios de telecomunicaciones que en la actualidad tienen una oferta escasa o inexistente y, de manera holística, mejorar y promover el desarrollo de la banda ancha en el Perú. Se hace la planificación de la red

usando solamente tecnología de fibra óptica. También presenta un posible recorrido de la fibra óptica para toda la región.

Pinzón (2013), en su tesis Propuesta de un Esquema de Aseguramiento de la Calidad de Servicio (QoS) para Redes que Prestan el Servicio de Telemedicina en Colombia, proporciona un esquema para asegurar la calidad de servicio (en redes de telemedicina de Colombia. Dicho esquema busca adaptarse a las necesidades de los profesionales y los pacientes, con base en lo estipulado por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en la cuanto a que el grado de satisfacción de los usuarios permite conocer los requerimientos que deben ser adoptados para garantizar un mejor nivel de la calidad de los servicios prestados. Identificó los parámetros globales de QoS y su posible aplicación, determinando así, los más relevantes para los servicios que fueron seleccionados. También desarrolló una propuesta de mejoramiento y se presentó el esquema general de una red de telemedicina, incluyendo sus componentes, el impacto de cada uno de ellos en los servicios que se van a prestar y las estrategias para asegurar un adecuado nivel de QoS. Finalmente decidió validar el esquema mediante una simulación en el software Opnet IT Guru Academic,

Soacha Garay (2014) propone analizar la implementación del acceso de última milla en zonas rurales teniendo en cuenta las barreras económicas, administrativas y de ocupación de la banda que llegasen a existir, como la identificación de las zonas geográficas en donde puede existir interferencias, junto con aquellos casos en los que se requiere de coordinación fronteriza; con el fin de concluir si en este país se podrían integrar los planes de fibra óptica con accesos inalámbricos de banda ancha en zonas rurales en las bandas de frecuencias mencionadas. Lo anterior, porque a través de esta iniciativa se permitiría cumplir con la masificación de Internet en gran parte

del territorio nacional, se promovería el uso y acceso de las TICs en zonas rurales y se aumentaría el desarrollo y crecimiento principalmente de los sectores: económico y social del país.

Hernández (2014) procedió a realizar el estudio y simulación de cómo las interferencias pueden perjudicar a la señal útil de un radioenlace para distintos anchos de banda y modulaciones, así como analizar, proponer y contrastar posibles soluciones al respecto, mostrando resultados obtenidos mediante la herramienta *LinkPlanner*. Finalmente propone un diseño real adjuntando planos, listado de componentes y presupuesto final, en el cual se aplicarán las técnicas descritas para maximizar la capacidad del sistema y conseguir que éste sea lo más eficiente posible.

Calvillo (2013) explica las características básicas de esta tecnología. Además lleva a cabo un diseño de una implantación de red WiMAX en un entorno rural. Se intentará proponer arquitecturas e implementaciones lo más próximas a unas condiciones reales utilizando para ello dispositivos del mercado. Finalmente obtiene una serie de conclusiones sobre las principales características de la tecnología WiMAX y del diseño realizado para el entorno rural.

López (2008) define un escenario real donde las tecnologías más adecuadas (actualmente) para implementarlo son: WiFi y WiMAX. Se refiere a un escenario marítimo para video-vigilancia de una piscifactoría ubicada en alta mar.

4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El hombre necesita sus dificultades porque son necesarias para disfrutar del éxito.

- A.P.J. Abdul Kalam -

En el presente proyecto de investigación se hace un enfoque y aportes de la tecnología en el sector agroalimentario. Además de las experiencias exitosas en otros países. Se hace una recolección de datos e información estadística de las entidades locales, de universidades, ministerios, instituciones del sector agroalimentario. Para la información complementaria se consultó documentos e investigaciones relacionados al desarrollo rural y agroindustria, información de internet, revistas, periódicos, presentaciones de material de clase, libros e informes.

4.1 Tipo de investigación

Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio (2010) clasifican las investigaciones en cuantitativas, cualitativas e incluso mixtas. En este trabajo de investigación, se asume un enfoque cuantitativo, porque se pretende cuantificar las variables de estudio.

El presente proyecto de investigación es de tipo Descriptiva, Analítica y Aplicada o Practica porque se hace uso del conocimiento disponible para mejorar problemáticas de la sociedad. Se tiene de soporte los marcos teóricos

y conceptuales elaborados por fundamentos y principios de banda ancha y tecnologías de la información y comunicaciones.

Las investigaciones por su alcance se clasifican en exploratorias, descriptivas, correlativas y explicativas (Hernandez Sampieri et al., 2010). Para este caso, la investigación es de tipo explicativo, porque se facilitó dar a conocer la medición de los parámetros de la red de banda ancha con tecnología Wimax.

4.2 Diseño de investigación

Para esta investigación se emplea un diseño no experimental, según (Hernandez Sampieri et al., 2010) es de tipo transversal, porque las mediciones o conjunto de mediciones se realizan en un determinado período.

4.3 Variables

4.3.1 Variable Independiente: Tecnología de Banda Ancha

Tecnología de red de banda ancha inalámbrico, que interconectará los centros poblados y va a permitir a los usuarios de las localidades rurales e instituciones beneficiadas acceder a los servicios de telecomunicaciones de telefonía e internet.

4.3.2 Variable Independiente: Tecnologías de la Información y Comunicaciones

Conjunto de tecnologías desarrolladas para gestionar información y enviarla de un lugar a otro. Son herramientas computacionales e informáticas que permiten mejorar los servicios de salud y educación.

Hacen posible nuevas formas de trabajo, como ejemplo tenemos teletrabajo.

4.3.3 **Variable Dependiente: Sector Agroalimentario**

Los bienes o servicios relacionados con los productos del campo que, directamente o luego de su elaboración en procesos de diversos tipos en la industria alimentaria, se utilizan para la alimentación humana.

4.4 **Operacionalización de variables**

Se realizó mediante el siguiente protocolo:

4.4.1 **Modelo:**

$$BA + TIC \rightarrow SA$$

Donde:

BA: Tecnología de Banda Ancha

TIC: Tecnologías de la Información y Comunicaciones

SA: Sector Agroalimentario.

En la Tabla 4.1 se muestra la operacionalización de las variables.

Tabla 4.1 Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Banda Ancha	La banda ancha es capaz de entregar de manera fiable servicios convergentes y de ofrecer simultánea y conjuntamente voz, datos y video, posiblemente a través de redes diferentes.	Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso • Throughput • Picos de volumen
Tecnologías de la Información y Comunicaciones	Conjunto de tecnologías desarrolladas para gestionar información y enviarla de un lugar a otro.	Arquitectura	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos • Aplicaciones
Sector Agroalimentario	Los bienes o servicios relacionados con los productos del campo que, directamente o luego de su elaboración en procesos de diversos tipos en la industria alimentaria, se utilizan para la alimentación humana.	Empleo	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de empleo

Fuente: Elaboración propia.

5 DISEÑO DEL PROYECTO

No quiero gastar mi tiempo trabajando en pequeños problemas, quiero encontrar un territorio más interesante y virgen.

Leonard Kleinrock

En este capítulo se hará uso de software para el diseño de cobertura, se eligió Radio Mobile que es un software gratuito, que permite simular radiopropagación, enlaces punto a punto y punto-multipunto. Otra ventaja es que permite utilizar equipos de cualquier fabricante del mercado. Para nuestro diseño necesitamos mapas con datos de elevaciones del terreno que lo obtuvimos mediante Google Earth. En la Figura 5.1 se muestra la red híbrida a implementar en la provincia de Huancabamba.

5.1 Diseño de la Red GPON para la Provincia de Huancabamba

Para esta solución conocemos que tenemos un nodo de agregación Regional en la ciudad de Huancabamba, desde este nodo se desarrollara la red provincial de transporte de Fibra Óptica, que interconectara las demás capitales de distrito de esta provincia, donde se instalaran nodos de distribución. Para esto se hará uso de la infraestructura eléctrica, tanto de alta tensión como de media tensión, además de la red vial (ver Figura 5.1).

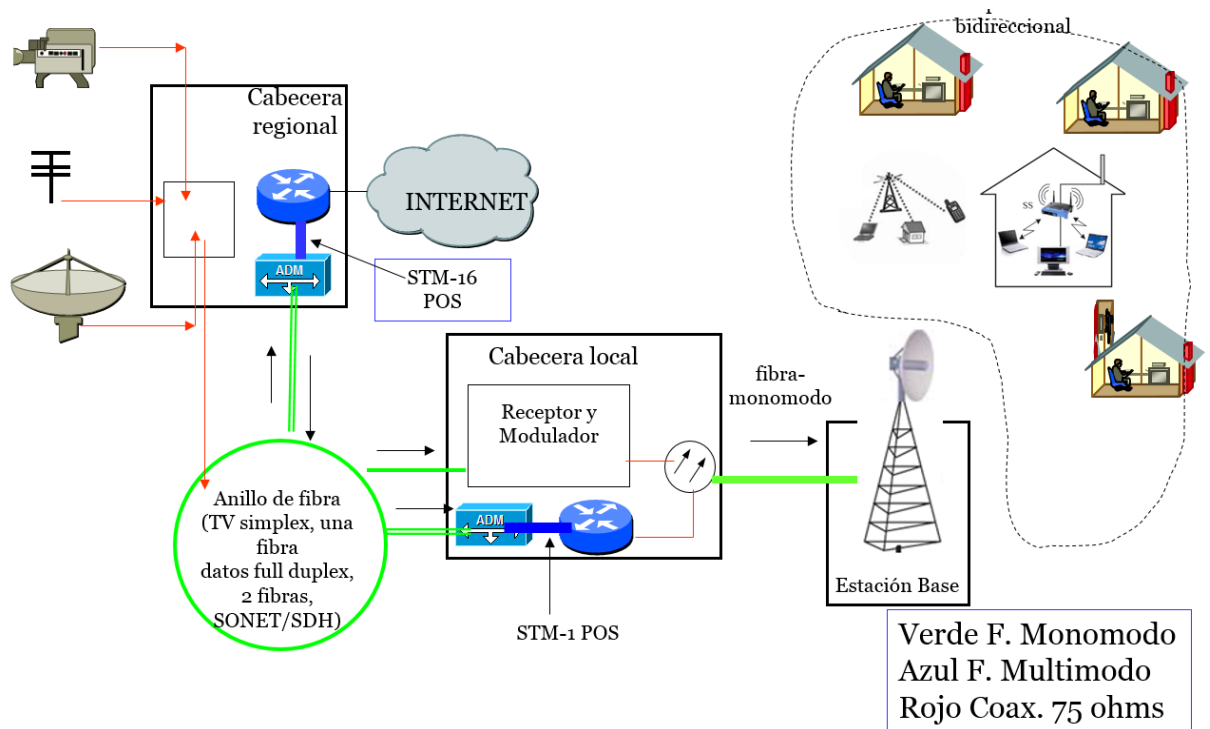


Figura 5.1 Red híbrida con tecnología de fibra óptica e inalámbrica para la provincia de Huancabamba.

5.2 Diseño de Red de Distribución de Fibra Óptica

Las consideraciones para el diseño de la red comprendieron los requerimientos de la evolución de los servicios de telecomunicaciones. En la Figura 5.2, se muestra el despliegue de la red de fibra óptica en el mapa de Huancabamba a través del programa Global Mapper, donde las líneas verdes son las líneas de media tensión, y las líneas de color rojo hacen referencia a la red vial de transporte.

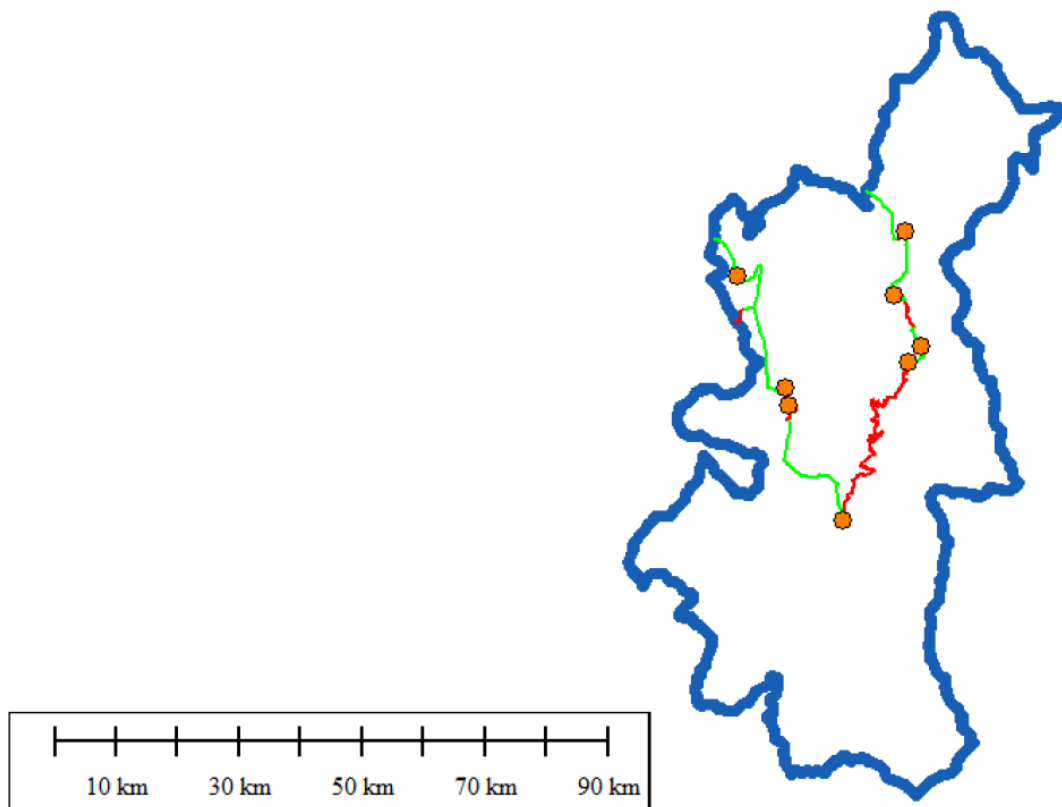


Figura 5.2 Mapa de Huancabamba en Global Mapper.

El siguiente paso es realizar el diseño, para lo cual se calcula la distancia que existe desde el punto de distribución hasta los distritos beneficiados, esto permite obtener la proyección de los elementos necesarios como: canalización y postería; necesarios para el despliegue de la red. En la figura 5.3 se propone una primera distribución de la fibra óptica, donde se adiciona 5% de Catenaria, 10% de reserva,` las pérdidas en los conectores y un margen de 2 dB en la Tabla 5.1 se observa que hay distancias mayores a 150 km y atenuaciones de 47.33 dB, entonces se hace un nuevo planteamiento propuesto en la Figura 5.4.

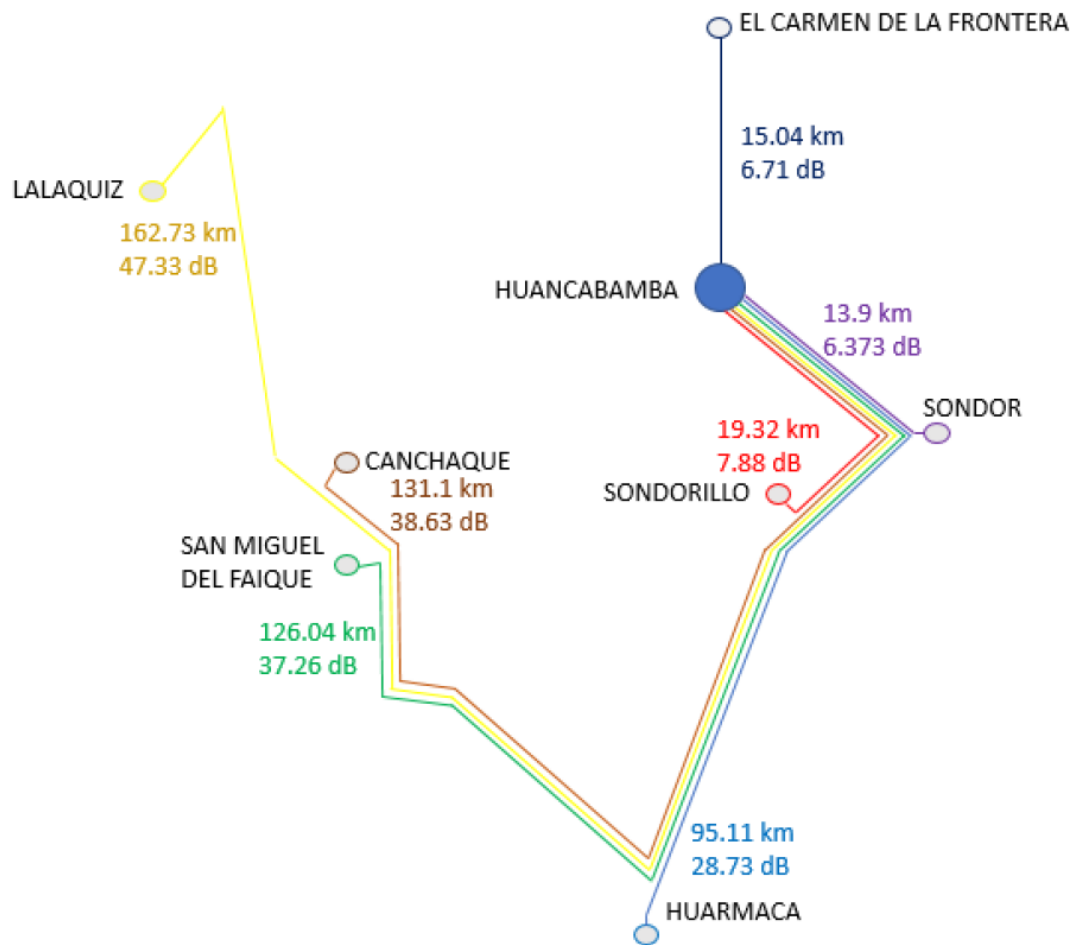


Figura 5.3 Primera distribución

Se observa que la mejor opción para hacer la distribución de fibra óptica es la segunda propuesta de la Figura 5.4.

El ancho de banda total es 1396.992 Mbps de descarga 355.584 Mbps en la subida, estas cantidades serán gestionadas por una plataforma de aprovisionamiento de multi servicios, de última generación con interfaces SONET/SDH mostrada en la Tabla 5.3., teniendo en cuenta nuestro trafico y las atenuaciones. La capacidad de la fibra depende de la relación de división seleccionada y de la demanda para cubrir los servicios ofrecidos.

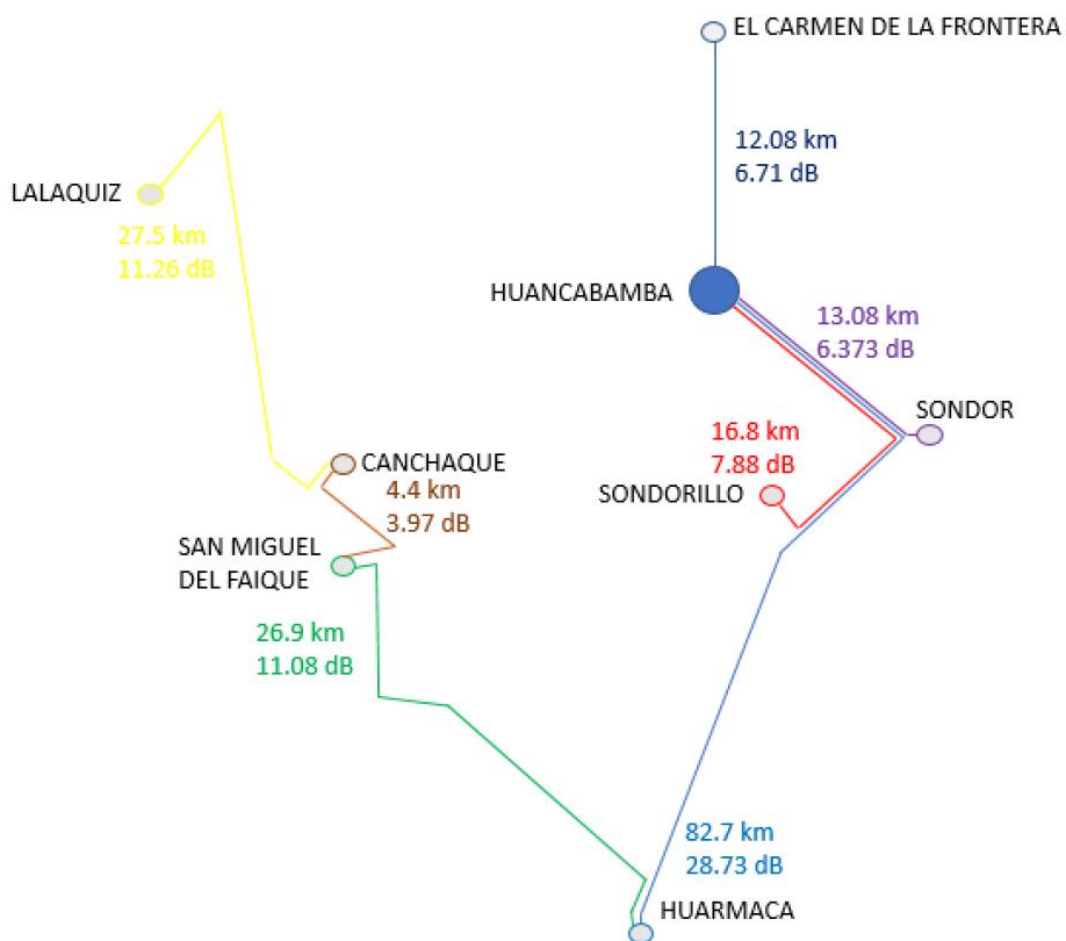


Figura 5.4 Segunda distribución.

Tabla 5.1 Pérdidas en el transporte de Fibra Óptica.

NRO	DISTRITO	DISTANCIA LINEAL	DISTANCIA TOTAL	PERDIDAS TOTALES
1	CANCHAQUE	114.0	131.1	38.625
2	EL CARMEN DE LA FRONTERA	13.08	15.042	6.71
3	HUARMACA	82.7	95.1	28.72
4	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	109.6	126.04	37.26
5	LALAQUIZ	141.5	162.7	45.33
6	SONDOR	12.08	13.89	6.37
7	SONDORILLO	16.8	19.32	7.88

Fuente: Elaboración propia.

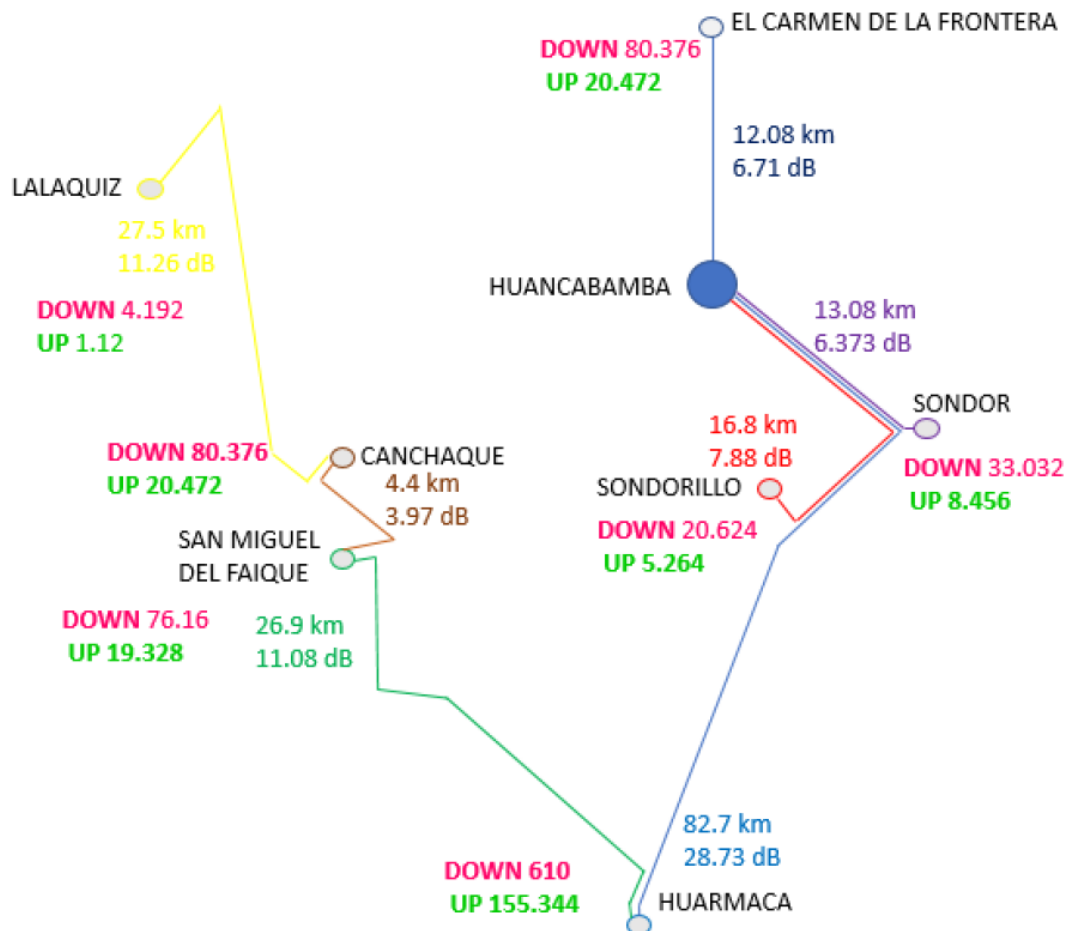


Figura 5.5 Tráfico de datos y atenuaciones.

Se hace la selección de la tarjeta que soportara el tráfico y la atenuación de cada distrito Tabla 5.2.

Se toma como ejemplo al distrito El Carmen de La Frontera, donde vemos que tiene un tráfico de datos en DOWNLOAD 80.376 y un UPLOAD de 20.472 y una atenuación de 6.71 dB.

Según la Tabla 5.3 escogemos el portador OC-3 por la tasa de bits tanto en Download y Upload y según la atenuación en la Tabla 5.4 escogemos la tarjeta OC-3/STM-1 IR1/S-1.1 (ONS-SI-155-I1)

Para determinar la cantidad de tarjetas y nodos GPON se hace utilizando la tabla de tarjetas Cisco que se puede encontrar en la misma página de Cisco.

Tabla 5.2 Tarjetas Cisco.

Nodo	SONET		SDH	
	DOWN	UP	DOWN	UP
Canchaque	OC-1	OC-1	STM-0	STM-0
El Carmen de la Frontera	OC-9	OC-3	----	STM-1
Huarmaca	OC-18	OC-3	----	STM-1
Sondor	OC-1	OC-1	STM-0	STM-0
Sondorillo	OC-1	OC-1	STM-0	STM-0
San Miguel de El Faique	OC-9	OC-1	STM-16	STM-0
Lalaquiz	OC-1	OC-1	STM-0	STM-0
Interfaz de Nodo de Huancabamba				
Huancabamba	OC-36	OC-9	----	----

Fuente: Cisco.

Tabla 5.3 Portadora óptica OC.

Optical Level	Electrical Level	Line Rate (Mb/s)	Payload Rate (Mb/s)	Overhead Rate (Mb/s)	SDH Equivalent
OC-1	STS-1	51.840	50.112	1.728	-
OC-3	STS-3	155.520	150.336	5.184	STM-1
OC-12	STS-12	622.080	601.344	20.736	STM-4
OC-48	STS-48	2488.320	2405.376	82.944	STM-16
OC-192	STS-192	9953.280	9621.504	331.776	STM-64
OC-768	STS-768	39813.120	38486.016	1327.104	STM-256

Fuente: Cisco.

Tabla 5.4 Tipos de tarjetas Cisco.

SFP Type (Part Number)	Attenuation Range (dB)	Transmit Output Power – Minimum (dBm)	Transmit Output Power – Maximum (dBm)	Receiver Sensitivity – Minimum ¹ (dBm)	Receiver Sensitivity– Maximum (dBm)	Dispersion Tolerance (ps/nm)	Optical Power Penalty – Maximum (dB)
OC-3/STM-1 LR1/S-1.1 (ONS-SI-155-I1)	0–12	–15	–8	–28	–8	–	1
OC-3/STM-1 LR1/L-1.1 (ONS-SI-155-L1)	10–28	–5	0	–34	–10	–	1
OC-3/STM-1 LR2/L-1.2 (ONS-SI-155-L2)	10–28	–5	0	–34	–10	–	1
OC-3/STM-1 CWDM (ONS-SE- 155-xxxx)	13–33	0	5	–34	–7	1600	1

Fuente: Cisco.

5.3 Diseño de Red de Acceso Inalámbrica

Para el diseño de la red se hace necesario realizar georreferenciación. Para ello se usa Radio Mobile que proporciona datos de información geográfica de tres tipos: mapas con las elevaciones que se superponen con imágenes que se descargan de fuentes de Internet como GoogleMap, datos de *clutter* radioeléctrico por Land Cover y los planos, por Yahoo Maps, Mapquest, etc. Radio Mobile fue importante para el cálculo de cobertura proporcionada por las estaciones base de la red. La cobertura de red brinda una referencia de los lugares donde llega suficiente señal y a dónde no.

Una vez establecido el diseño de la red de transporte óptico se procede al estudio de las redes inalámbricas en cada uno de los distritos a partir de cada nodo de distribución. Se observa el área de influencia de cada nodo y las capacidades estimadas que deben ser cubiertas y la ubicación de localidades, se decidió usar tecnología wimax en la banda comprendida en el rango de 5.1 Ghz.

Luego de introducir los datos técnicos de los equipos utilizados en la estación base, se determina las líneas de vista para las localidades

beneficiadas en el distrito de El Carmen de la Frontera tal como se muestra en la Figura 5.6, donde se ha establecido el uso de dos repetidoras, una para poder tener acceso a localidad de Cajas Alumbre, la otra repetidora se hizo para poder llegar a las localidades mas lejanas como son Chulucanas Bajo, Chulucanas Alto, El Porvenir, Siccequisterios, Talaneo y Tambillo ademas se puede observar que hay conexión directa a la localidad de Yumbe y Salala, mientras que para llegar a Chulucanas Bajo, Chulucanas Alto, El Porvenir, Siccequisterios, Talaneo, Tambillo y Cajas Alumbre dando dos saltos.

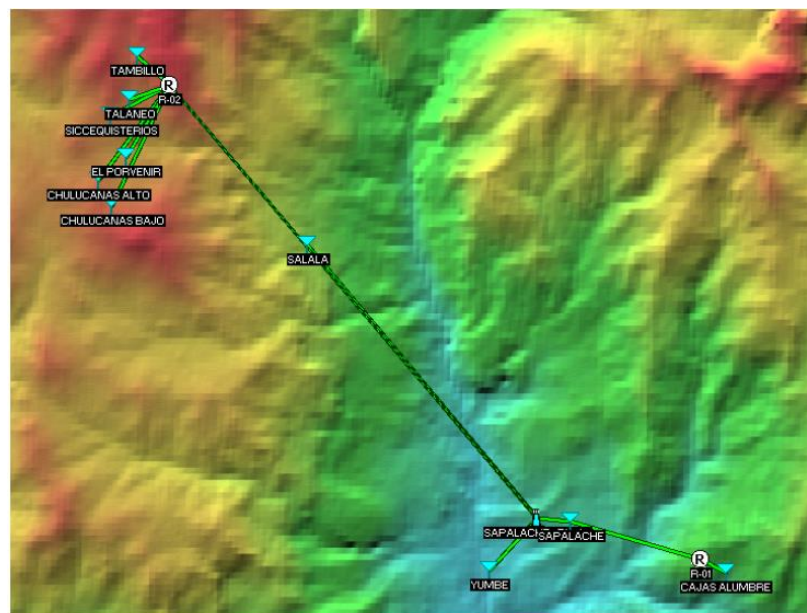


Figura 5.6 Localidades con Linea de Vista desde Sapolache.

5.3.1 Selección de equipos

Para el diseño del proyecto es necesario elegir los equipos necesarios para la red de acceso WiMAX. Luego de analizar las especificaciones técnicas de los equipos que nos puedan satisfacer la demanda de capacidad para cada una de las localidades, para los enlaces se cree conveniente utilizar equipos de la marca Cambium Networks™, en particular el PTP 650 que entrega hasta 450 Mbps

reales con el uso de licencias de ancho de banda, entre mayor ancho de canal, mayor throughput o ancho de banda y viceversa. Algunos anchos de canal sólo están disponibles con la licencia de capacidad correspondiente (Syscom, 2016). Además es una solución sub-6Ghz, flexible, espectralmente eficiente y auto optimizable. El equipo PTP 650 de Cambium Networks™ marca un antes y un después en la relación entre desempeño y fiabilidad, que asimismo ofrece una variedad de características que le dan una mayor capacidad, flexibilidad operativa y la mayor eficiencia espectral de la industria (Syscom, 2016).

Los sistemas PTP 650 proporcionan soluciones ideales para una amplia gama de aplicaciones tales como los reemplazos o extensiones de T1/E1 o de fibra; retornos de vídeo vigilancia, retorno de células macro y pequeñas 4G/LTE, acceso de última milla, recuperación ante desastres, redundancia de red y conectividad de edificio a edificio (Cambium Networks, 2008). Ofrecen flexibilidad multi banda en el rango de 4.9 a 6.05 GHz, en un solo radio y pueden operar en tamaños de canal de 5MHz a 45MHz. En la Tabla 5.7, detallamos las características más resaltantes (Syscom, 2016).

Estos equipos tienen la posibilidad de establecer la potencia de transmisión dentro de un rango amplio que va desde 3 dBm hasta 25 dBm con saltos de 1 dBm, lo que da gran flexibilidad a la hora de dimensionar los enlaces (Syscom, 2016).

Tabla 5.5 Ubicación de las localidades.

Nro	Distrito	Localidad	Datos de Ubicación	
			Longitud	Latitud
1	CANCHAQUE	LA ESPERANZA	79° 36'30.0696" W	5° 22'16.8593" S
2	CANCHAQUE	LOS RANCHOS	79° 38'47.5360" W	5° 13'37.4154" S
3	CANCHAQUE	PALAMBLA	79° 36'31.0034" W	5° 23'25.7642" S
4	EL CARMEN DE LA FRONTERA	CAJAS ALUMBRE	79° 24'30.1904" W	5° 09'20.9156" S
5	EL CARMEN DE LA FRONTERA	CHULUCANAS ALTO	79° 29'36.6815" W	5° 06'10.0436" S
6	EL CARMEN DE LA FRONTERA	CHULUCANAS BAJO	79° 29'30.1447" W	5° 06'22.3551" S
7	EL CARMEN DE LA FRONTERA	EL PORVENIR	79° 29'23.1958" W	5° 05'58.5955" S
8	EL CARMEN DE LA FRONTERA	SALALA	79° 27'54.7284" W	5° 06'41.4353" S
9	EL CARMEN DE LA FRONTERA	SAPALACHE	79° 26'05.3870" W	5° 08'53.8085" S
10	EL CARMEN DE LA FRONTERA	SICCEQUISTERIOS	79° 29'30.6940" W	5° 05'38.6518" S
11	EL CARMEN DE LA FRONTERA	TALANEO	79° 29'21.6302" W	5° 05'30.6593" S
12	EL CARMEN DE LA FRONTERA	TAMBILLO	79° 29'17.8674" W	5° 05'09.7441" S
13	EL CARMEN DE LA FRONTERA	YUMBE	79° 26'26.1237" W	5° 09'19.5114" S
14	HUANCABAMBA	ALUMBRE	79° 30'45.7306" W	5° 16'36.6951" S
15	HUANCABAMBA	COMENDEROS ALTO	79° 25'17.3767" W	5° 11'58.5591" S
16	HUANCABAMBA	HUAMANY	79° 32'48.9148" W	5° 08'35.4837" S
17	HUANCABAMBA	JACOCHA	79° 31'47.9407" W	5° 11'31.1276" S
18	HUANCABAMBA	JICATE BAJO	79° 30'31.3934" W	5° 10'21.5755" S
19	HUANCABAMBA	ÑANGALI	79° 27'08.7231" W	5° 10'40.7639" S
20	HUANCABAMBA	PARIAMARCA ALTO	79° 33'32.7502" W	5° 09'08.9285" S
21	HUANCABAMBA	RODEOPAMPA	79° 31'39.7833" W	5° 16'36.1201" S
22	HUANCABAMBA	TAYAPAMPA	79° 24'01.8732" W	5° 13'45.2277" S
23	HUARMACA	COLLONAYUC	79° 30'12.4695" W	5° 36'30.6361" S
24	HUARMACA	CUCHUPAMPA	79° 31'13.0316" W	5° 34'48.4323" S
25	HUARMACA	EL CEDRO	79° 26'04.9475" W	5° 41'30.3362" S
26	HUARMACA	FALSO CORRAL	79° 33'01.9885" W	5° 35'27.1317" S
27	HUARMACA	HINTON	79° 35'09.2651" W	5° 39'08.6040" S
28	HUARMACA	HUARMACA	79° 31'29.5386" W	5° 34'06.4560" S
29	HUARMACA	LA LOMA	79° 36'41.1108" W	5° 36'37.5111" S
30	HUARMACA	LA RINCONADA	79° 35'13.2751" W	5° 34'45.0111" S
31	HUARMACA	LAGUNA DE SUCCHIRCA	79° 34'43.4198" W	5° 34'06.6722" S
32	HUARMACA	MARAYPAMPA	79° 35'11.1603" W	5° 35'57.9844" S
33	HUARMACA	MOLULO	79° 35'59.0332" W	5° 35'13.3078" S
34	HUARMACA	PARGUYUC	79° 28'52.1320" W	5° 39'45.7206" S
35	HUARMACA	ROSAS	79° 29'55.0562" W	5° 32'49.0916" S
36	HUARMACA	RUMICHACA	79° 33'19.1821" W	5° 35'37.0314" S
37	HUARMACA	SAHUATE HUALANGA	79° 34'26.9678" W	5° 37'45.8752" S
38	HUARMACA	SAHUATIRCA	79° 33'41.5393" W	5° 34'31.0791" S
39	HUARMACA	SANTA ROSA	79° 32'26.8872" W	5° 38'01.1394" S
40	HUARMACA	SANTA TERESA	79° 30'54.0802" W	5° 40'18.9835" S
41	HUARMACA	SUCCHA	79° 24'07.4762" W	5° 34'54.2636" S
42	HUARMACA	SUCCHIRCA	79° 34'35.6744" W	5° 34'32.9879" S
43	HUARMACA	SUCCHURAN	79° 28'49.3304" W	5° 34'22.5114" S
44	HUARMACA	TOLINGAS	79° 33'11.3269" W	5° 30'00.3605" S
45	HUARMACA	TRIGAL	79° 26'09.2871" W	5° 37'40.4044" S
46	HUARMACA	TUNAS	79° 34'14.5532" W	5° 29'44.3393" S
47	HUARMACA	YUMBE	79° 31'17.1240" W	5° 34'32.0884" S
48	LALAQUIZ	MAYLAND	79° 38'00.3772" W	5° 08'16.2954" S
49	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	EL TAMBO	79° 36'08.3990" W	5° 25'36.4431" S
50	SAN MIGUEL DE EL FAIQUE	SAN MIGUEL DEL FAIQUE	79° 36'19.4403" W	5° 24'08.4959" S
51	SONDOR	CASHAYNAMO	79° 19'43.6395" W	5° 29'52.8005" S
52	SONDOR	GUARDALAPA	79° 21'18.5889" W	5° 27'14.6163" S
53	SONDORILLO	SONDORILLO	79° 25'48.5504" W	5° 20'22.8127" S

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.6 Demanda en Mbps por localidad en la provincia de Huancabamba.

Nro	Localidad	Download (Mbps)		Upload (Mbps)	
		100 %	40 %	100 %	40 %
1	LA ESPERANZA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
2	LOS RANCHOS	26.792	10.7168	6.824	2.7296
3	PALAMBLA	28.84	11.536	7.336	2.9344
4	CAJAS ALUMBRE	20.624	8.2496	5.264	2.1056
5	CHULUCANAS	20.624	8.2496	5.264	2.1056
6	CHULUCANAS ALTO	34.984	13.9936	8.872	3.5488
7	CHULUCANAS BAJO	26.792	10.7168	6.824	2.7296
8	EL PORVENIR	45.272	18.1088	11.48	4.592
9	SALALA	32.936	13.1744	8.36	3.344
10	SAPALACHE	45.272	18.1088	11.48	4.592
11	SIECCEQUISTERIOS	49.368	19.7472	12.504	5.0016
12	TALANEO	12.408	4.9632	3.192	1.2768
13	TAMBILLO	26.792	10.7168	6.824	2.7296
14	YUMBE	26.792	10.7168	6.824	2.7296
15	ALUMBRE	24.744	9.8976	6.312	2.5248
16	COMENDEREMOS ALTO	22.672	9.0688	5.776	2.3104
17	HUAMANY	41.176	16.4704	10.456	4.1824
18	JOCOTCHA	37.032	14.8128	9.384	3.7536
19	JICATE BAJO	39.128	15.6512	9.944	3.9776
20	ÑANGALI	20.624	8.2496	5.264	2.1056
21	PARIAMARCA ALTO	24.744	9.8976	6.312	2.5248
22	RODEOPAMPA	20.624	8.2496	5.264	2.1056
23	TAYAPAMPA	22.672	9.0688	5.776	2.3104
24	COLLONAYUC	24.744	9.8976	6.312	2.5248
25	COCHUPAMPA	16.504	6.6016	4.216	1.6864
26	EL CEDRO	10.336	4.1344	2.656	1.0624
27	FALSO CORRAL	28.84	11.536	7.336	2.9344
28	HINTON	137.6	55.04	34.688	13.8752
29	HUARMACA	18.576	7.4304	4.752	1.9008
30	LA LOMA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
31	LA RINCONADA	16.528	6.6112	4.24	1.696
32	LAGUNA DE SUCCHIRCA	22.672	9.0688	5.776	2.3104
33	MARAYPAMPA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
34	MOLULO	22.696	9.0784	5.8	2.32
35	PARGUYUC	8.288	3.3152	2.144	0.8576
36	ROSAS	8.288	3.3152	2.144	0.8576
37	RUMICHACA	24.744	9.8976	6.312	2.5248
38	SAHUATE HUALANGA	30.888	12.3552	7.848	3.1392
39	SAHUATIRCA	22.696	9.0784	5.8	2.32
40	SANTA ROSA	18.576	7.4304	4.752	1.9008
41	SANTA TERESA	18.576	7.4304	4.752	1.9008
42	SUCCHA	39.104	15.6416	9.92	3.968
43	SUCCHIRCA	8.288	3.3152	2.144	0.8576
44	SUCCHURAN	16.528	6.6112	4.24	1.696
45	TOLINGAS	14.456	5.7824	3.704	1.4816
46	TRIGAS	8.288	3.3152	2.144	0.8576
47	TUNAS	20.624	8.2496	5.264	2.1056
48	YUMBE	4.192	1.6768	1.12	0.448
49	MAYLAND	12.408	4.9632	3.192	1.2768
50	EL TAMBO	63.752	25.5008	16.136	6.4544
51	SAN MIGUEL DEL FAIQUE	12.408	4.9632	3.192	1.2768
52	CASHAYNAMO	20.624	8.2496	5.264	2.1056
53	SONDORILLO	20.624	8.2496	5.264	2.1056
Total		1396.992	558.7968	355.584	142.2336

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.7 Capacidad de los enlaces y pérdidas de LOS.

Banda de Rf	5.1 GHz: 5150 a 5250 MHz, 5.4 GHz: 5470 a 5725 MHz
Tamaño de Canal	5,10,15,20,30, 40 y 45 MHz
Eficiencia Espectral	10 bps/Hz Maximum
Selección de Canal	Optimización espectral dinámica, o asignación de frecuencia fija, selección automática en el inicio y continua auto optimización para evitar interferencia
Máxima Potencia Transmisora	Hasta 27 dBm a BPSK, hasta 23 dBm a 256 QAM
Ganancia del Sistema	Integrada: Hasta 160dB con canales de 20MHz de ancho de banda y con antenas integradas de 19dBi; varia con el modo modulación, tamaño del canal y el espectro.
Sensibilidad del Receptor	-98 dBm con un canal de 5MHz
Esquema Duplex	TDD, HD-FDD
Antena	Panel Plano Integrado: -23dBi
Rango	Hasta 200Km
Puente Ethernet	
Protocolo	IEEE 802.3
Throughput de usuario	Dinamicamente variable hasta 450MBps
Latencia	1ms-3ms en una dirección
QoS	8 colas
Clasificación de Paquetes	Capa 2 y Capa 3 IEEE802.1p, MPLS.
Desempeño de Paquetes	Velocidad de Linea (>850 paquetes por segundo)
Soporte de Tramas	Tramas Jumbo de 9600 bytes.

Fuente: (Syscom, 2016)

Tabla 5.8 Opciones de selección de Ancho de Banda y Modulación para Yumbe.

Modulation mode	15 MHz (Tx/Rx/Aggregate)			10 MHz (Tx/Rx/Aggregate)		
256QAM 0.81 dual	112.09	37.36	149.45	75.14	25.04	100.18
64QAM 0.92 dual	94.44	31.48	125.91	63.30	21.10	84.40
64QAM 0.75 dual	77.17	25.72	102.89	51.73	17.24	68.97
16QAM 0.87 dual	60.04	20.01	80.05	40.24	13.41	53.66
16QAM 0.63 dual	43.16	14.38	57.54	28.93	9.64	38.57
256QAM 0.81 single	56.04	18.68	74.72	37.57	12.52	50.09
64QAM 0.92 single	47.22	15.74	62.95	31.65	10.55	42.20
64QAM 0.75 single	38.58	12.86	51.44	25.86	8.62	34.48
16QAM 0.87 single	30.02	10.00	40.02	20.12	6.71	26.83
16QAM 0.63 single	21.58	7.19	28.77	14.46	4.82	19.28
QPSK 0.87 single	15.01	5.00	20.01	10.06	3.35	13.41
QPSK 0.63 single	10.79	3.59	14.38	7.23	2.41	9.64
BPSK 0.63 single	5.39	1.80	7.19	3.61	1.20	4.82

Fuente: (Syscom, 2016).

Tabla 5.9 Sensibilidad del receptor para Yumbe.

Modulation mode	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	45 MHz	P (all bands)
BPSK 0.63 single	-95.8	-94.3	-92.5	-91.3	-89.5	-88.3	-87.8	27
QPSK 0.63 single	-92.7	-91.2	-89.4	-88.2	-86.4	-85.2	-84.7	26
QPSK 0.87 single	-88.7	-87.2	-85.4	-84.2	-82.4	-81.2	-80.7	26
16QAM 0.63 single	-86.4	-84.9	-83.1	-81.9	-80.1	-78.8	-78.3	25
16QAM 0.63 dual	-82.4	-80.9	-79.2	-77.9	-76.2	-74.9	-74.4	25
16QAM 0.87 single	-81.9	-80.4	-78.6	-77.4	-75.6	-74.4	-73.8	25
16QAM 0.87 dual	-78.8	-77.3	-75.6	-74.3	-72.6	-71.3	-70.8	25
64QAM 0.75 single	-78.9	-77.4	-75.6	-74.3	-72.6	-71.3	-70.8	24
64QAM 0.75 dual	-75.8	-74.3	-72.5	-71.2	-69.5	-68.2	-67.7	24
64QAM 0.92 single	-75.0	-73.5	-71.7	-70.5	-68.7	-67.5	-67.0	24
64 QAM 0.92 dual	-71.8	-70.3	-68.5	-67.3	-65.5	-64.3	-63.7	24
256QAM 0.81 single	-71.8	-70.3	-68.6	-67.3	-65.6	-64.3	-63.8	23
256QAM 0.81 dual	-68.4	-66.9	-65.1	-63.8	-62.1	-60.8	-60.3	23

Fuente: (Syscom, 2016).

Para garantizar las velocidades necesarias en cada enlace, se selecciona cuidadosamente la potencia de transmision, la ganancia de la antena, el ancho de banda a utilizarse y la sensibilidad del receptor de acuerdo a las tablas obtenidas del manual de usuario del equipo PTP650 (Syscom, 2016).

5.3.2 Configuración de Radio Mobile

Radio Mobile es un software de planificación de radioenlaces, desarrollado por Roger Coudé. El programa simula propagación RF y es de uso libre para la comunidad de radioaficionados (Radio Mobiile, 2017); que permite el cálculo de los radioenlaces y el cálculo de coberturas. Para comenzar a utilizar el programa, se necesita configurar los parámetros iniciales, como el acceso a los servidores de Internet.

5.3.3 Enlace nodo en Distribución – Yumbe

Para este enlace se requiere una velocidad de transmisión de 28.792 Mbps de Download y 8.824 Mbps de Upload, existe un trafico agregado de 37.616 Mbps con esta velocidad se cubre la demanda de la localidad Yumbe. Se observa que no existe simetría en el enlace y se debe usar un enlace con una relación 3:1. En la Tabla 5.8.se muestran los valores con las opciones de selección de ancho de banda y modulación.

Usando la Tabla 5.9 se selecciona 10 MHz con 16 QAM 0.63 single, por lo tanto se debe tener un nivel de umbral en el receptor de -80.9 dBm, la potencia máxima del transmisor puede ser 25dBm y las pérdidas máximas en el enlace puede ser de 151.9 dB. Se opta por esta por esta selección y se muestra como se complementa en los enlaces con el Radio Mobile. Yumbe es a una localidad que llegamos directamente. En la figura Figura 5.7 se puede ver el primer radioenlace y en donde se cumple con el nivel de señal recibido para tener la capacidad establecida anteriormente.

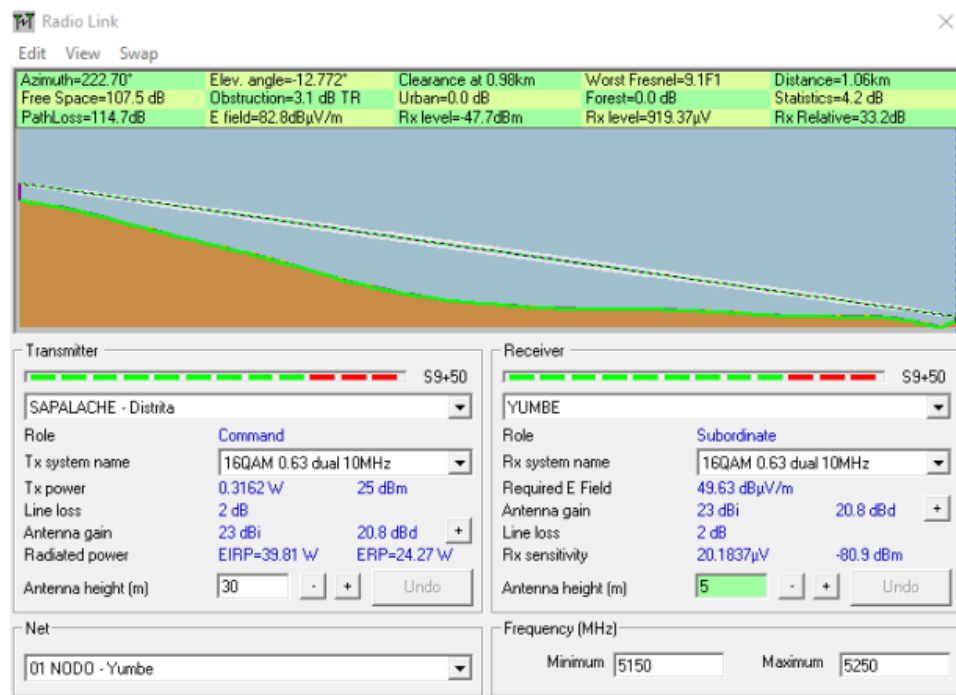


Figura 5.7 Radioenlace de Nodo a Yumbe.

5.3.4 Consolidado de Red de Distribución Inalámbrica

En la Tabla 5.10, se detalla el Ancho de Banda del Canal en Hz, tipo de modulación, nivel de umbral del receptor y Potencia del transmisor, deducidos por un procedimiento similar al detallado.

Para concluir con el trabajo se adjunta todos los radioenlaces en este distrito. Yumbe y Salala tienen acceso directo del nodo distrital, se muestra en la Figura 5.8.

Tabla 5.10 Ancho de banda, modulación, nivel de Rx, potencia de Tx, pérdidas de red inalámbrica.

Nro	Localidad	Ancho de Banda	Modulación	Nivel Rx	Potencia Tx	Pérdidas Totales
1	CAJAS ALUMBRE	10 MHz	64 QAM 0.75 single	-77.4 dBm	24 dBm	103.6 dB
2	CHULUCANAS ALTO	10 MHz	64 QAM 0.75 single	-77.4 dBm	24 dBm	116.2 dB
3	CHULUCANAS BAJO	15 MHz	64 QAM 0.75 single	-75.6 dBm	24 dBm	116.2 dB
4	EL PORVENIR	30 MHz	QPSK 0.87 single	-82.4 dBm	26 dBm	112.5 dB
5	SALALA	15 MHz	256 QAM 0.81 dual	-65.1 dBm	23 dBm	124.9 dB
6	SAPALACHE	15 MHz	64 QAM 0.75 single	-75.6 dBm	24 dBm	104.5 dB
7	SICCEQUISTERIOS	20 MHz	64 QAM 0.75 single	-74.3 dBm	24 dBm	110.1 dB
8	TALANEO	40 MHz	16 QAM 0.63 single	-81.9 dBm	25 dBm	107.2 dB
9	TAMBILLO	20 MHz	QPSK 0.87 single	-84.2 dBm	26 dBm	108.0 dB
10	YUMBE	10 MHz	16 QAM 0.63 dual	-77.9 dBm	25 dBm	114.7 dB

Fuente: Elaboración propia.

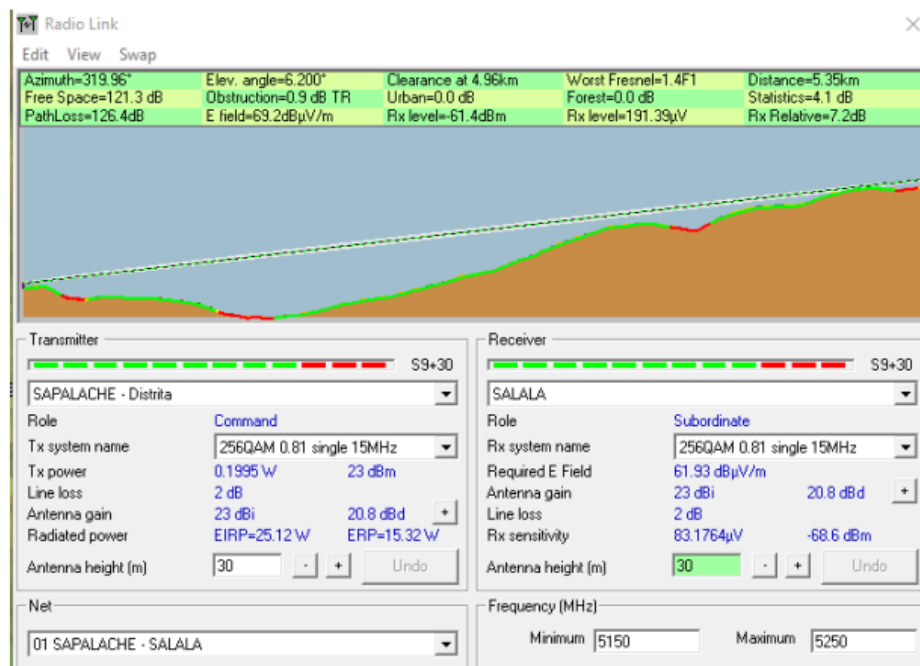


Figura 5.8 Enlace desde Nodo a Salala.

En Cajas Alumbre se hace uso de un repetidor (Figura 5.10) cerca a esta localidad ya que por su tan accidentado relieve era casi imposible, a una distancia de 300

metros de la vivienda mas cercana, este repetidor es direccionado desde Sapalache y este ultimo tiene acceso directo desde el nodo distrital. (Figura 5.9).

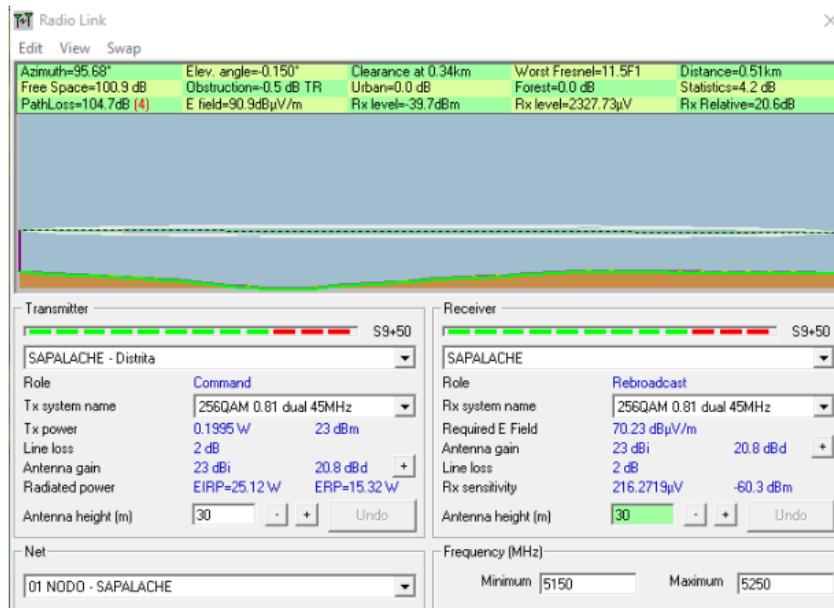


Figura 5.9 Enlace Nodo a Sapalache.

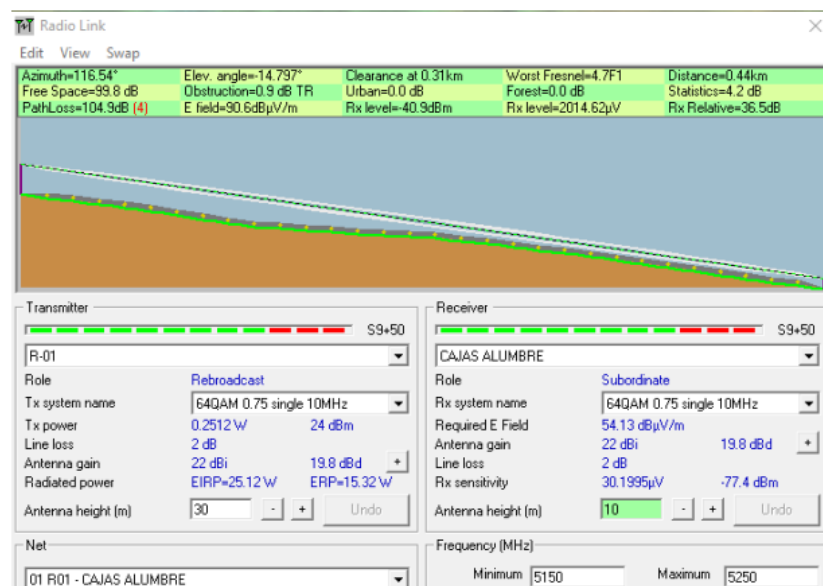


Figura 5.10 Radionlace R01 a Cajas Alumbre.

Chulucanas Bajo (Figura 5.11), Chulucanas Alto (Figura 5.12), El Porvenir (Figura 5.13), Siccequisterios (Figura 5.14), Talaneo (Figura 5.15), Tambillo (Figura 5.16), para estas localidades se hace uso de un repetidor cerca de Tambillo a 400 metros de la vivienda más cercana.

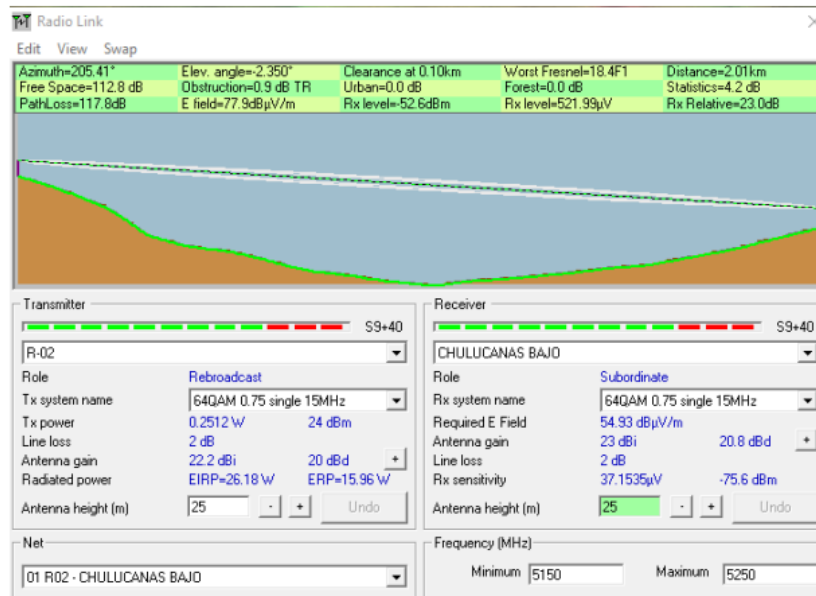


Figura 5.11 Radioenlace R02 a Chulucanas Bajo.

En los casos donde se usa repetidor se dan 3 saltos.

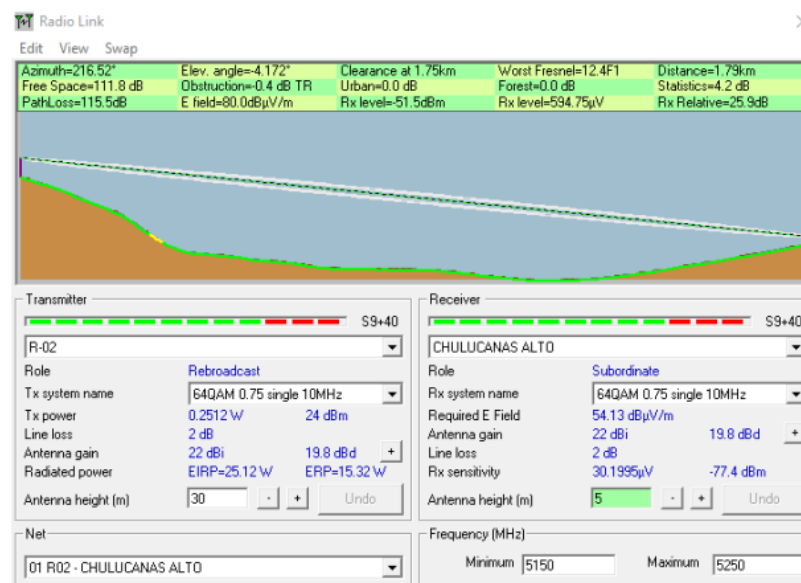


Figura 5.12 Radioenlace R02 a Chulucanas Alto.

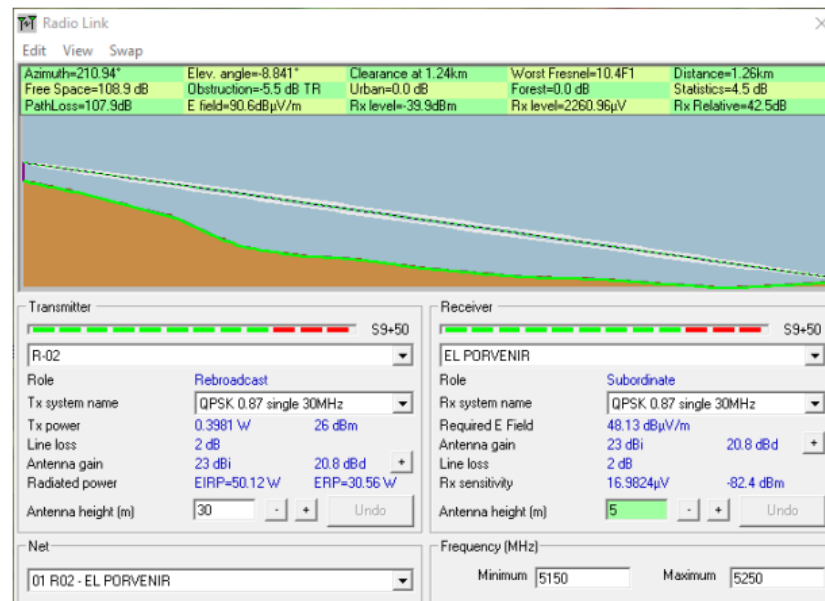


Figura 5.13 Radioenlace desde R02 a El Porvenir.

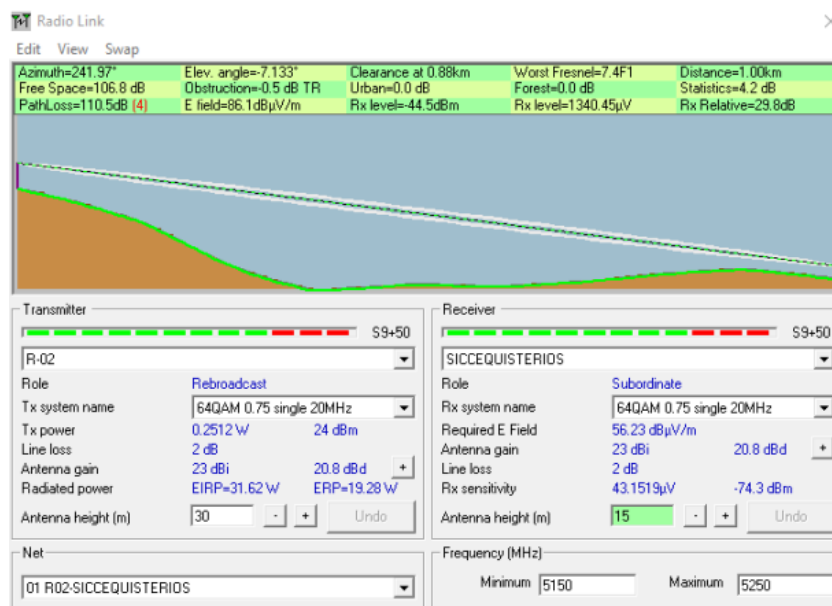


Figura 5.14 Radioennlace R02 a Siccequisterios.

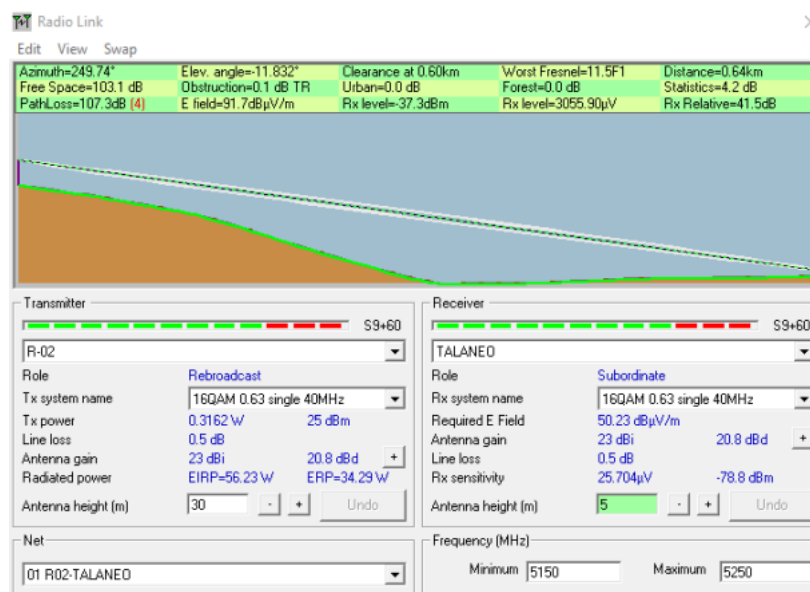


Figura 5.15 Enlace R02 a Talaneo.

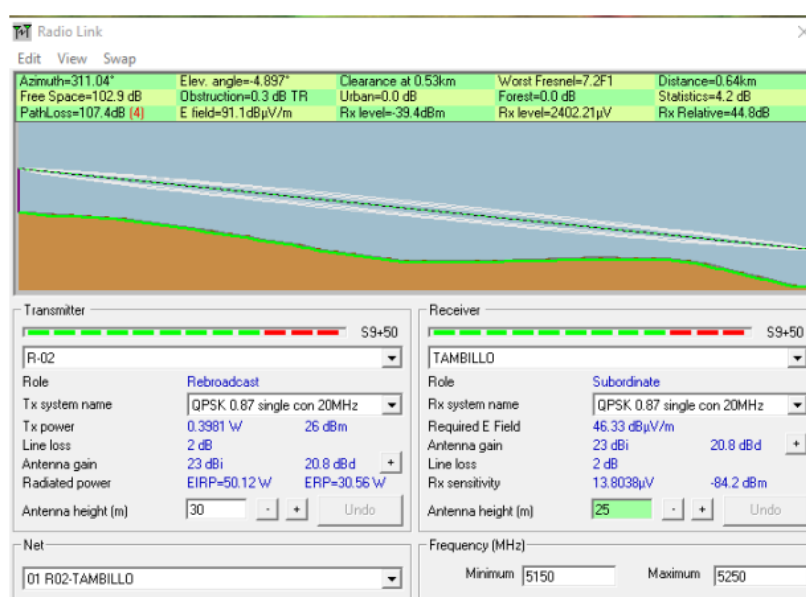


Figura 5.16 Radioennlace desde R02 a Tambillo.

5.4 Propuesta del modelo de red

Se toma de referencia la arquitectura de red desarrollado en los apartados 5.1, 5.2 y 5.3 el escenario propuesto representa una red de banda ancha inalámbrica, con aplicaciones para la teleagricultura y también se muestra el

tráfico esperado, para las comunidades campesinas de Chulucanas Alto y Taypampa. . Se tiene en cuenta que la tecnología WiMAX se usará para dar acceso a los usuarios finales a través de la implementación de una red de estaciones base con tecnología WiMAX, será factible brindar acceso a Internet de banda ancha a usuarios fijos ubicados en la zona de cobertura.

Algunas características del clima de la serranía piurana que pueden afectar el enlace:

- Lluvia
- Niebla

5.5 Costo de Implementación

En seguida se muestran algunos costos referenciales para la implementación del proyecto. Para la implementación de la fibra óptica pasiva (PON) existe tres métodos de implementación: 1) Aereo, 2) Enterrado y 3) Conducto (Kazovsky et al., 2011).

Tabla 5.11 Costo de implementación de fibra PON

Deployment Method	Deployment Cost (\$/km)
Aerial ^a	900
Trenching ^a	1200
Existing conduit ^a	700
New conduit ^b	4000

^a Ronald Heron, Alcatel, Inc., NFOEC 2007 Keynote.

^b M. Hajduczenia et al., Optimized passive optical network deployment, *J. Opt. Networking*, Sept. 2007.

Fuente: (Kazovsky et al., 2011)

En la Tabla 5.12 se hace un análisis comparativo, para apreciar la ventaja de utilizar un repetidor con respecto a otras configuraciones.

Tabla 5.12 Comparación cuando se utiliza un repetidor WiMAX

	(A) PtP Licenciado	(B) PtP Libre	(C) Relay Station (BS + CPE)	(D) Repetidor WiMAX
Estación Base	2	2	2	1
Repetidor	-	-	-	-
Equipo PtP (licenciado)	2			
Equipo PtP (libre)	-	2	-	-
CPE de alta gama, antena externa y extensión total de licencias	-	-	1	-
Antena Sectorial	2	2	2	2
Antena Parabólica	2	2	1	1
Número total de equipos a instalar (cables, conectores, supresores, mano de obra, ...)	4	4	3	2

Fuente: (albentia, 2010).

Tabla 5.13 Precios referenciales de equipos y accesorios.

#	Ítem	Cantidad	Precio (€/Unidad)	Precio T. (sin IVA)	Precio T. (con IVA)
1	PTP800 Modem 100/100BaseT – 10 Mbps	6 u.	1.685 €	10.110 €	12.233,1 €
2	PTP800 Modem – 400 Mbps	6 u.	1.538 €	9.228 €	11.165,9 €
3	ODU-B 18 GHz TR1560 (17700,0 - 18140,0 MHz)	3 u.	2.160 €	6.480 €	7.840,8 €
4	ODU-B 18 GHz TR1560 (19260,0 - 19700,0 MHz)	3 u.	2.160 €	6.480 €	7.840,8 €
5	Antena HPLP1-18 – Radiowaves 30 cm (17,7 - 19,7 GHz)	6 u.	492 €	2.952 €	3.571,9 €
6	Kit de terminación de la Unidad de Procesamiento Local (LPU) para PTP 800 – <i>Se requiere un kit por cable coaxial</i>	6 u.	269 €	1.614 €	1.952,9 €
7	Kit de piezas para la instalación del cable coaxial	6 u.	192 €	1.152 €	1.393,9 €
8	Cable coaxial trenzado – 50 Ohm – 75 metros	3 u.	308 €	924 €	1.118 €
9	Convertidor de fuente de alimentación AC-DC (Convierte 110/230 V a 48 V)	6 u.	154 €	924 €	1.118 €
10	Agarre para cable CNT-400	6 u.	13 €	78 €	94,4 €
11	Cables de red – Doble toma a tierra (PTP800 AC-DC Fuente de Alimentación)	6 u.	8 €	48 €	58,1 €
	Mano de Obra - Instalación (horas)	200 h.	35 €/h	7.000 €	8470 €
TOTAL				56.857,9 €	

Fuente: (Hernández, 2014)

5.6 Gestión y funcionalidad

Tabla 5.14 Gestión y funcionalidad.

	(A) PtP Licenciado	(B) PtP Libre	(C) Relay Station (BS+CPE)	(D) Repetidor WiMAX
Ampliación de cobertura a usuarios en "zona de sombra"	✓	✓	✓	✓
Ausencia de licencias por frecuencia	X	✓	✓	✓
Garantías de niveles mínimos de QoS	✓	✓	X	✓
Robustez del equipamiento en las ubicaciones propuestas	✓	✓	X	✓
Minimización de puntos de fallo	X	X	X	✓
Gestión y provisión de todos los usuarios desde una única BS	X	X	X	✓

Fuente: (albentia, 2010).

6 CONFIGURACIÓN DEL SIMULADOR Y PRUEBAS DE DESEMPEÑO

La tecnología puede usarse para muchas cosas buenas, pero al final, somos esclavos de la naturaleza y los elementos.

James Dashner

Simulación es el proceso de diseñar un modelo computarizado de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema (Shannon, 1998). Enseguida se desarrolla un conjunto de simulaciones para demostrar el desempeño de las redes diseñadas. En esta parte se hace énfasis en la red inalámbrica.

Opnet Modeler es capaz de simular una gran variedad de redes. El flujo de mensajes de datos, paquetes perdidos, mensajes de flujo de control y caídas de los enlaces son algunas de las opciones que permite estudiar este simulador (Márquez, Sanmartín, & Céspedes, 2013). Para el presente trabajo de investigación se hace uso de la versión 14.5 de Opnet Modeler. Opnet Modeler es un programa empleado para simular sistemas de comunicaciones; que permite estudiar y diseñar una variedad de redes, dispositivos, protocolos y aplicaciones, brindando escalabilidad y flexibilidad, características que permiten a los usuarios trabajar en proyectos de investigación y desarrollo. Además el usuario no necesita tener conocimiento de lenguaje de

programación, en comparación con otros programas de simulación. Es un software para aplicaciones en Telecomunicaciones, que proporciona acceso al código fuente.

Además cuenta con una interfaz muy atractiva para los usuarios, que permite construir diferentes escenarios y verificar su desempeño, pues permite configurar fácilmente por un lado la infraestructura de la red, es decir los diferentes elementos que conforman la misma y lo mas importante nos facilita el despliegue de aplicaciones y servicios cuyas condiciones de trafico se asemejan bastante bien a las condiciones de redes reales (Lu & Yang, 2012).

Se ha construido la celda o sector que se muestra en la Figura 6.1, en esta se está considerando a la localidad de Chulucanas Alto, Taypampa que según el dimensionamiento tienen condiciones de trafico muy similares. Para este proyecto se ha usado el modelo de redes WiMAX, de acuerdo a la guía de usuario de WiMAX de OPNET (Opnet, 2010).

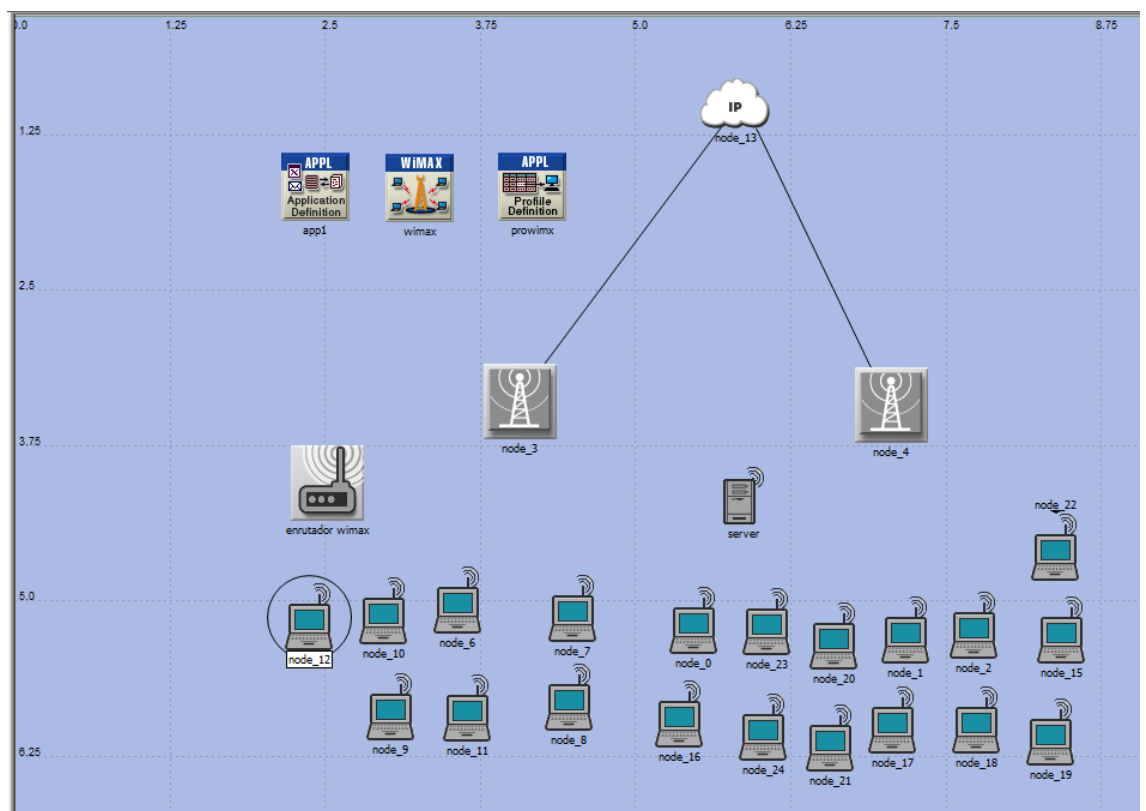


Figura 6.1 Escenario de prueba para la red inalámbrica con 22 usuarios.

6.1 Tiempo de Simulación y número de eventos

El tiempo y el número de eventos son parámetros propios de la simulación y están íntimamente ligados a la fiabilidad con que podemos aceptar los resultados que ésta nos devuelve. El tiempo de simulación, va a permitir especificar cuánto tiempo vamos a suponer que está en funcionamiento nuestro sistema, para observar su comportamiento a lo largo de ese período, lo cual implicará si estamos calculando valores medios, por ejemplo, calcular la media del valor que toma ese parámetro a lo largo de todo el período de simulación. (...) La fiabilidad de un resultado que haga referencia a la media de una cierta variable, aumentará con el tiempo de simulación si el resto de entradas se mantienen constantes. De igual forma a mayor número de eventos, en iguales condiciones, la fiabilidad se incrementa (Departament d'Enginyeria Telematica, 2005). En la Figura 6.2 se establece el tiempo de simulación, para este caso se fija en una hora.

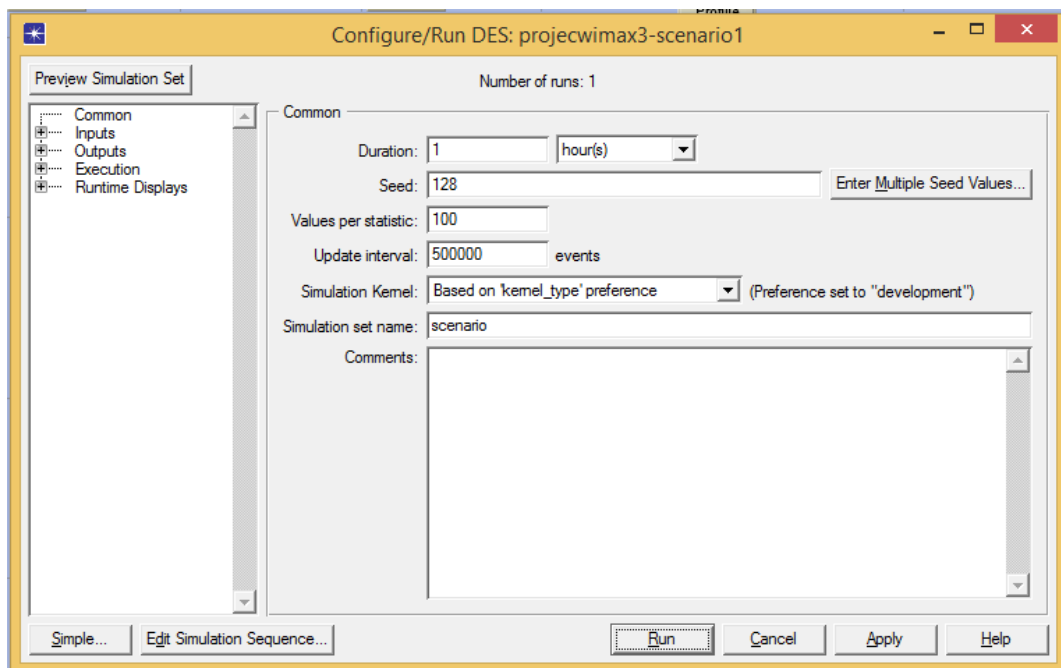


Figura 6.2 Configuración del tiempo de simulación.

6.2 Modelo de escenario de prueba de la red

Para crear la topología de red se elige *Rapid Configuration* de la barra del menu, que permite seleccionar una topología de red, los tipos de nodos en la red y los enlaces entre los nodos.

Se fijan las aplicaciones que se usaran en la simulación, tal como se muestra en la Figura 6.3, donde se han configurado 02 aplicaciones para poder cumplir con las aplicaciones y contenido multimedia propuestos.

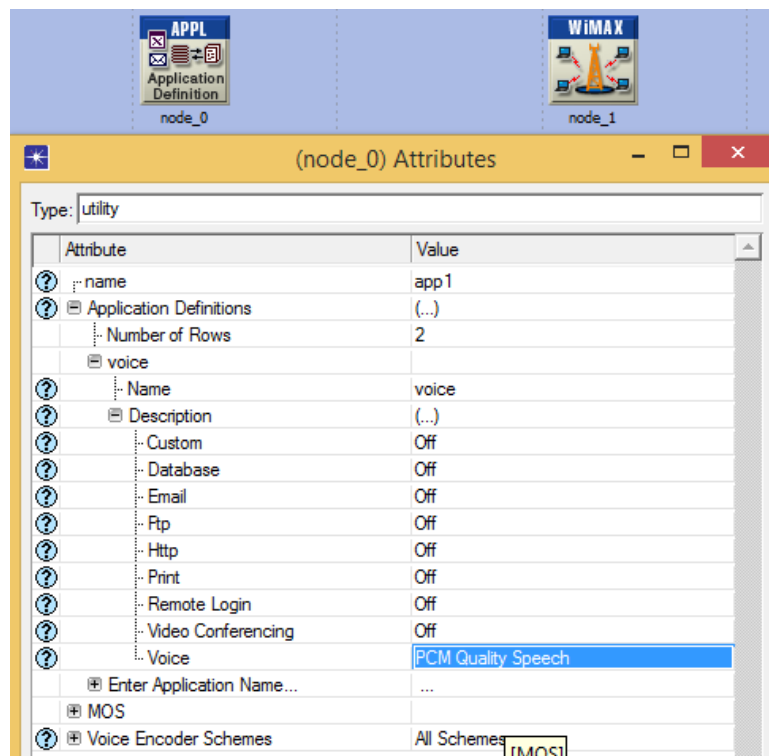


Figura 6.3 Aplicaciones usadas en la Simulación.

En la definición de las aplicaciones se usan las configuraciones por defecto de este control, así por ejemplo, se muestra la configuración de la aplicación de video en la Figura 6.4.

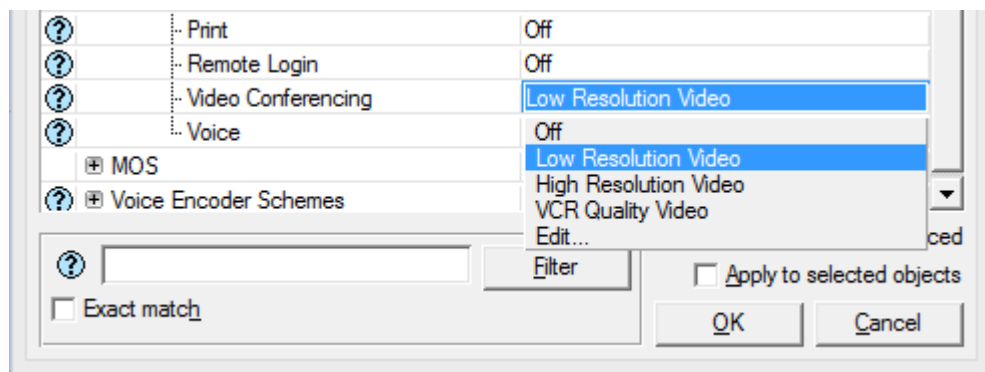


Figura 6.4 Configuración de la aplicación de video.

Se han asignado los perfiles de usuario a las estaciones de usuario, considerando la penetración de los diferentes servicios y los usuarios simultáneos que podrían conectarse en esta celda; en la que se simula las localidades de Chulucanas Alto, Taypampa. Por las limitaciones de capacidad de procesador y memoria del computador de prueba, se considera para la simulación tomar un tiempo suficiente de una hora. Posteriormente se hacen pruebas para otros tiempos de simulación. Se considera 03 perfiles de usuario:

- **Videoconferencia:**

- Para un usuario de una entidad pública como una posta de salud, una comisaría o un colegio. un usuario típico de telefonía fija que a lo mucho realiza 05 llamadas al día con un promedio de duración de 60 segundos.

- **Voz:**

- Usuario de telefonía.

- **web:**

- Usuario que realiza visita a páginas web en busca de información, redes sociales y correo electrónico.

En la figura 6.5 se muestra la configuración del servidor Wimax

Type:	server
Attribute	Value
name	server
WiMAX Parameters	
Antenna Gain (dBi)	15 dBi
Classifier Definitions	(...)
Number of Rows	1
Row 0	
Type of SAP	IP
Traffic Characteristics	(...)
Service Class Name	Silver
MAC Address	Auto Assigned
Maximum Transmission Power (W)	0.5
PHY Profile	WirelessOFDMA 20 MHz
PHY Profile Type	OFDM
SS Parameters	(...)
BS MAC Address	Distance Based
Downlink Service Flows	(...)
Uplink Service Flows	(...)
Multipath Channel Model	ITU Pedestrian A
Pathloss Parameters	Free Space
Ranging Power Step (mW)	0.25
Timers	Default
Contention Ranging Retries	16
Mobility Parameters	Default
HARQ Parameters	(...)
Piggyback BW Request	Enabled
CQICH Period	3
Contention-Based Reservation Tim...	16
Request Retries	16
Applications	
Application: ACE Tier Configuration	Unspecified
Application: Destination Preferences	None
Application: Supported Profiles	(...)
Application: Supported Services	All
CPU	

Figura 6.5 Perfiles de Usuario usadas en la Simulación.

Una vez que la simulación ha finalizado el software nos muestra una ventana como en la Figura 6.6, enseguida se procede a analizar los resultados obtenidos, así: en la Figura 6.7, se observa los parámetros de retardo para la aplicación de videoconferencia, llegando a valores pico de

20Mbps y a un valor promedio de 16Mbps que esta dentro de los rangos estimados para las localidades bajo estudio, este trafico esta compuesto, como se esperaba, de la contribución de los diferentes servicios y aplicaciones, tal como se muestra en la Figura 6.8. En la Figura 6.9 se muestra la carga en WiMAX y se muestra una carga alrededor de 13 Mbps.

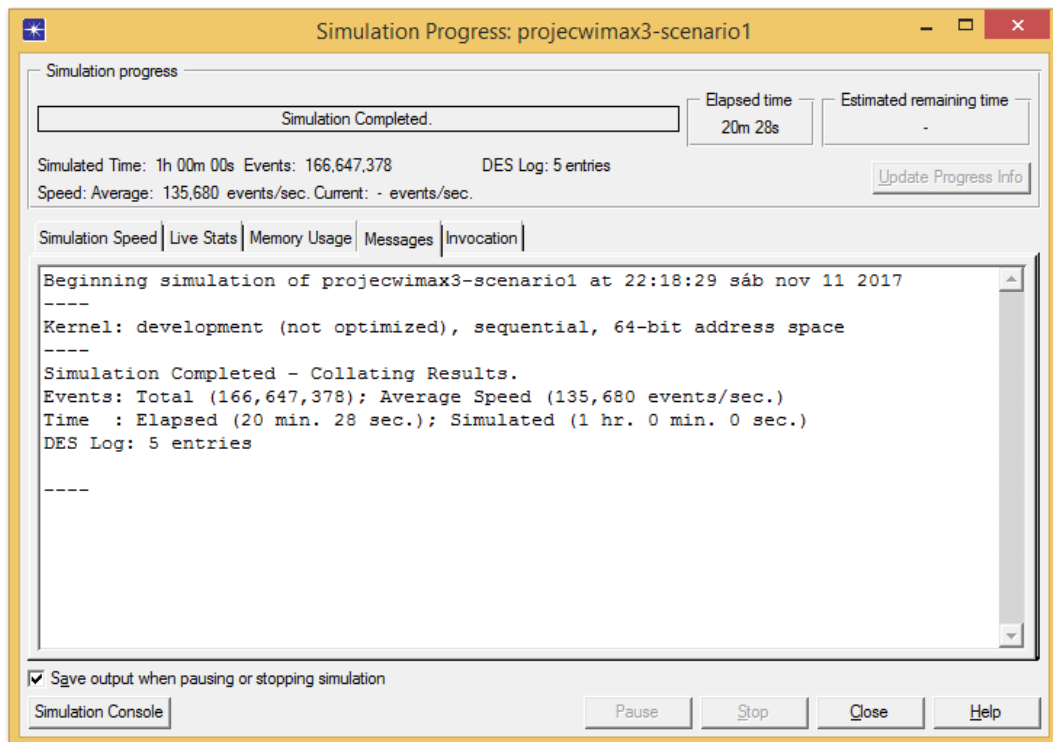


Figura 6.6 Simulación completada.

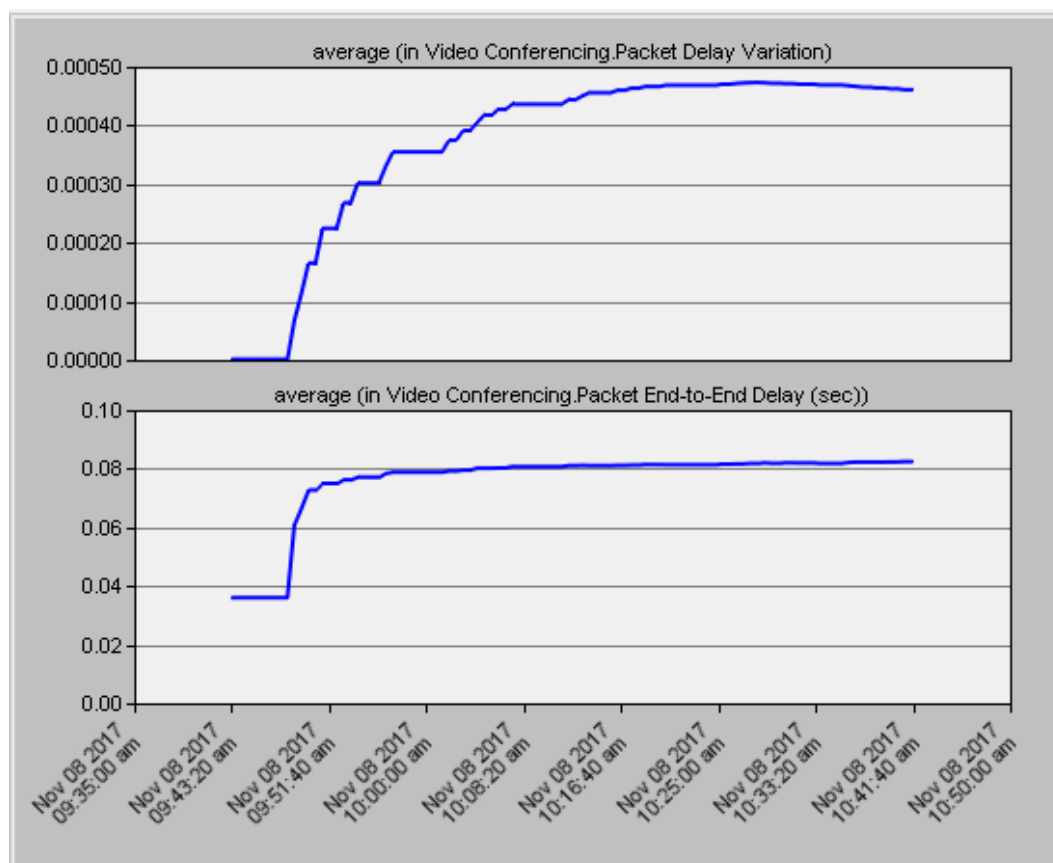


Figura 6.7 Variación del retardo de paquetes, para la aplicación de video conferencia, para la celda que cubre los centros poblados de Chulucanas Alto y Taypampa.

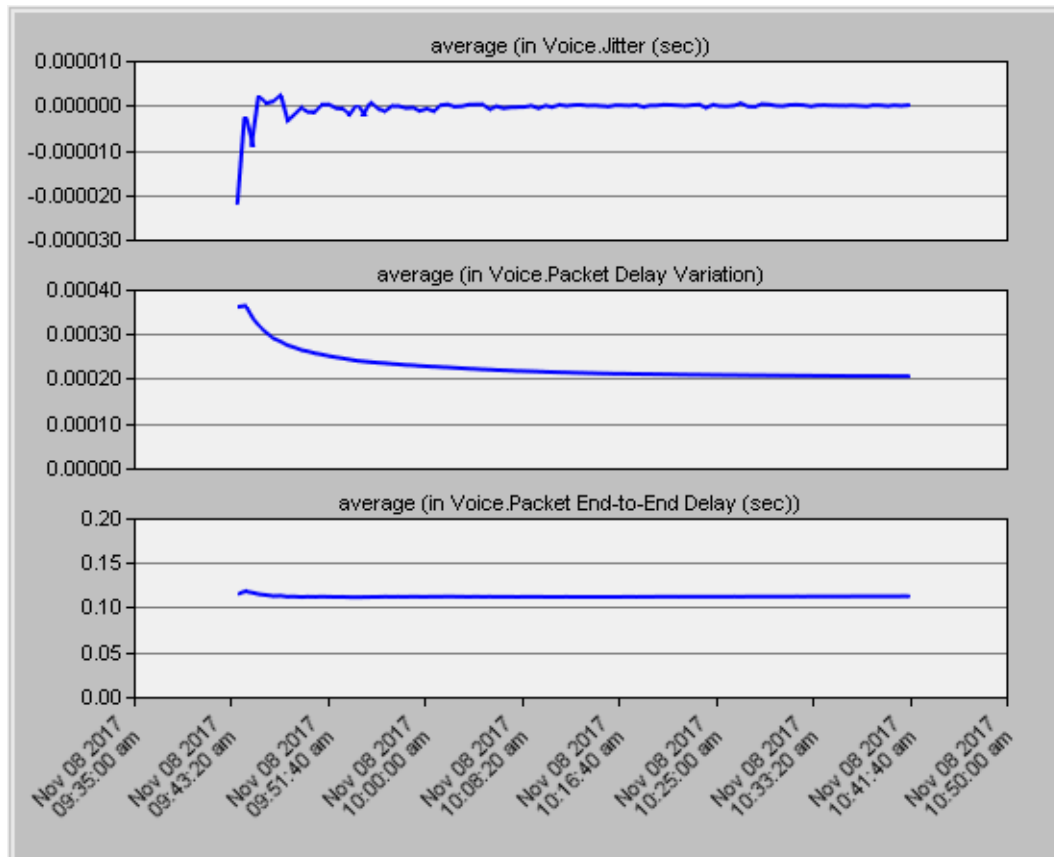


Figura 6.8 Grafica de Jitter, variación de retardo de paquetes y retardo de paquetes de extremo a extremo para la aplicación de voz.

En las Figura 6.7 y Figura 6.8 se muestran el retardo de tráfico extremo a extremo (ETE), para este escenario se tiene un valor promedio cercano a 80ms, para el caso de las aplicaciones de streaming de video. También para el caso de aplicaciones de voz se tiene un valor promedio superior a 100ms, una medida del desempeño de los servicios de voz es con el MOS (Mean Opinon Score), que es una medida de la calidad de voz, cuyos valores se encuentran entre 1 y 5, siendo mejor si es mas alto, y finalmente el retardo promedio de la celda WiMAX esta en un valor cercano a los 35ms. Este valor se muestra en la Figura 6.9.

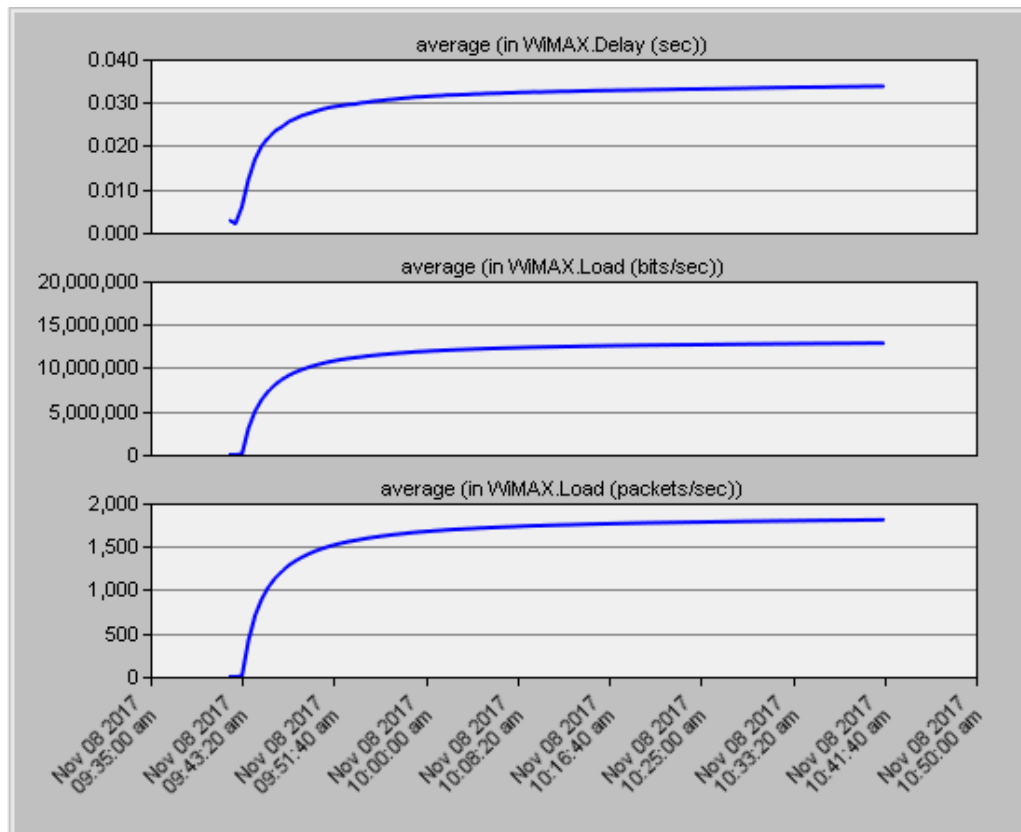


Figura 6.9 Resultado del retardo en Wimax, carga en Wimax en bits/s y paquetes/s.

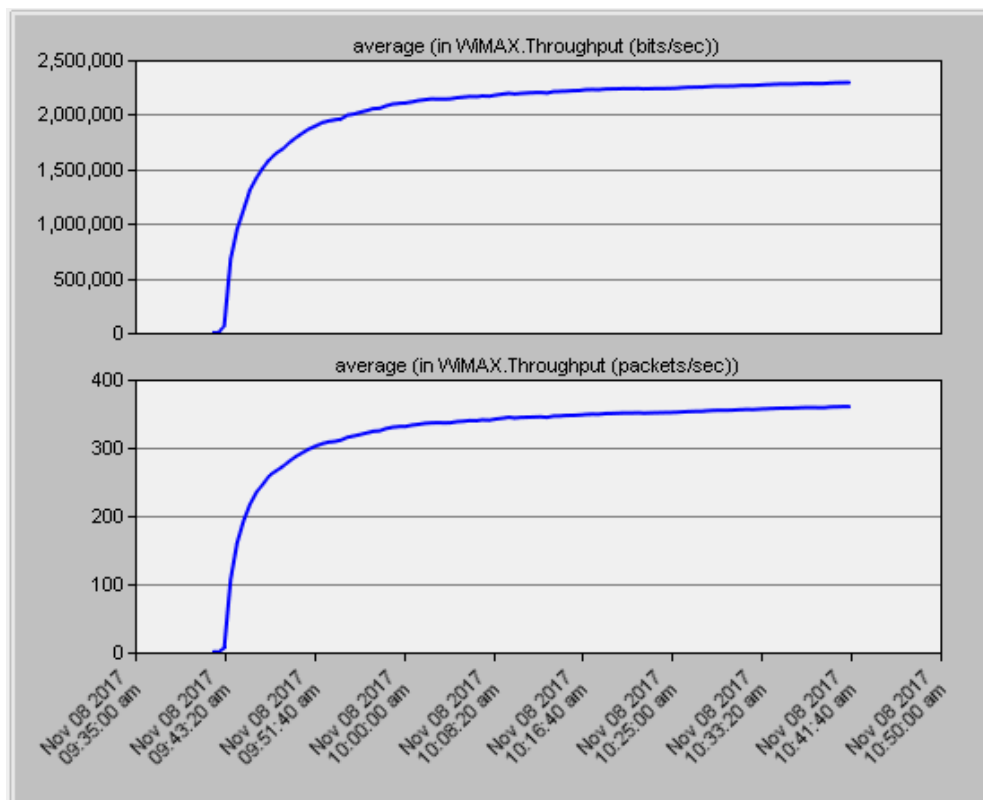


Figura 6.10 Throughput en Wimax en bits/s y paquetes/s.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

*La tecnología por sí sola no basta.
También tenemos que poner el corazón.*

Jane Goodall

7.1 Conclusiones

Se logró dimensionar la red que soporte aplicaciones multimedia con una calidad de servicio aceptable. En el capítulo 6 se realizan las pruebas de desempeño.

En el capítulo 5 se propone la arquitectura de red a implementarse, así como los equipos en los diferentes puntos de la red, para garantizar una calidad de servicio óptima.

Se optimiza el costo de la tecnología y los servicios de tecnologías de la información. Para ello se propuso una red híbrida con tecnologías de fibra óptica y radioenlaces.

Las tecnologías de la información y comunicaciones son una fuerza motriz para el desarrollo en todos los sectores económicos, Los impactos potenciales serán favorable al sector agroalimentario. En general, como demuestran los estudios en países latinoamericanos, el impacto del uso de internet en las

ganancias individuales, tanto para los asalariados como para los trabajadores independientes, se ve reflejado por el retorno del uso de internet en ganancias salariales para las personas que oscilan entre el 18% y 30%.

El despliegue de la banda ancha es primordial para el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicaciones en zonas menos favorecidas como la provincia de Huancabamba. El Estado Peruano en coordinación con el Gobierno Regional de Piura debe priorizar su ejecución.

Este trabajo de investigación sirve de base para conocer a profundidad la arquitectura de red de banda ancha desde una perspectiva académica.

Se ha diseñado una red de transporte por fibra óptica, que interconecta el nodo de agregación de Huancabamba con los nodos de distribución considerados dentro del área de influencia del proyecto en la Provincia de Huancabamba, también se ha diseñado la red de acceso que utilizando enlaces inalámbricos se ha interconectado todas las localidades beneficiadas, logrando de esta manera el despliegue de la tecnología de la banda ancha que permitirá la conectividad integral de los distritos de la provincia de Huancabamba, garantizando un ancho de banda adecuado que permita la implementación de las aplicaciones multimedia que satisfaga las necesidades estimadas de la población y de las instituciones públicas beneficiadas proyectadas a 10 años, que asegura calidad de transmisión y calidad de servicio.

WiMAX es una alternativa de solución en lugares donde el acceso de fibra óptica no sea posible como es el caso de zonas rurales o suburbanas, por su bajo costo WiMAX es la tecnología que complementa a la fibra óptica.

Con las pruebas de desempeño se comprueba que el diseño cumple con las exigencias de una red multimedia, que permitirá brindar servicios de teleagricultura.

Las redes inalámbricas son más eficientes cuando se logra combinar el uso de tecnologías como WiMAX y WiFi.

La tecnología inalámbrica WiMax como alternativa de internet en el mundo rural, durante su implementación tendrá un menor impacto medio ambiental, es una tecnología que reduce el impacto ambiental, ya que no precisa de obras de cableado y de reestructuraciones arquitectónicas.

7.2 Recomendaciones

Es conveniente tomar en cuenta las sugerencias de los fabricantes para el funcionamiento óptimo de la red.

7.2.1 Recomendaciones de instalación (Syscom, 2016)

- a)** Para tener el mejor rendimiento de datos (Mbps), es necesario contar con lo siguiente (Syscom, 2016):
 - a. Sistema de puesta a tierra en ambos sitios.
 - b. Cable de red blindado para exterior categoría 6 (FTP o STP).
 - c. Evaluar el espectro para determinar el mejor canal de operación (DSO).
 - d. Conectores RJ-45 blindados categoría 6.
- b)** Sellar todas las conexiones de red e intersecciones entre radios, jumpers coaxiales, antenas y protectores para evitar filtración de agua, humedad o polvo con cinta de fusión o de caucho (Syscom, 2016).
- c)** Realizar la programación y pruebas de los equipos a instalar en laboratorio (Syscom, 2016).
- d)** Utilizar reguladores/back-up en los equipos para evitar pérdidas de energía, desconexiones y/o sobretensiones (Syscom, 2016).

e) Si se desea mejorar más su señal inalámbrica, es necesario utilizar la herramienta de alineación audible del equipo (Syscom, 2016).

f) No se recomienda operar un enlace de datos sin cifrado/criptación, ya que la información sería vulnerable y podría ser interceptada por usuarios no legítimos de la red (Syscom, 2016).

g) Si se instalará más de un “Master” en la misma torre, considere:

a. Utilizar diferentes “Link Name” (Syscom, 2016).

b. Utilizar diferentes canales.

c. Los AP no deben estar dirigidos a la misma dirección, deben estar desfasados por lo menos 90° (180° lo ideal).

d. Considerar utilizar sincronización GPS para mitigar interferencias locales.

e. Los AP entre sí, deben tener una diferencia de altura vertical de 2 metros si operan en 5 GHz.

h) Asegurar que el nivel de ruido detectado por los radios sea inferior a -93 dBm (Ejemplo: -95, -98, -102, etc.) (Syscom, 2016).

i) Realizar validaciones en campo de los estudios de línea de vista y zona de fresnel correspondientes, para asegurar la correcta operación y conexión de los equipos. Se recomienda utilizar un GPS para poder revisar en campo esta cuestión (Syscom, 2016).

j) De ser posible, se recomienda instalar los equipos o radios inalámbricos a una distancia de 1 metro de la torre (Syscom, 2016).

k) Una vez configurados y bien alineados, se tendrá que presionar el botón desarmar para que finalmente liberen modulaciones y saquen el máximo de rendimiento (Syscom, 2016).

7.2.2 **Recomendaciones Generales**

Para brindar un mejor servicio a más usuarios en diferentes áreas geográficas, se recomienda combinar los sistemas WiMAX y WiFi que permitirá ofrecer un mejor servicio de ancho de banda de alta velocidad.

Realizar mediciones periódicas de la potencia de transmisión, para corregir posibles fallos de la red.

Para la simulación, se recomienda reproducir un video de un sitio web dedicado a compartir videos, de lo contrario el software Opnet no mostrara el reporte de tráfico de video.

REFERENCIAS CITADAS

Ahmad, E., Kalam, a. P. J. A., & Rajan, Y. S. (1999). *India 2020: A Vision for the New Millennium. Foreign Policy*. <https://doi.org/10.2307/1149498>

albentia. Estudio de caso (2010).

Buettrich, S., Escudero-Pascual, A., & Rodriguez, E. J. (2008). Cálculo de Radioenlace (p. 50). Recuperado a partir de <http://www.analfatecnicos.net/archivos/24.CalculoDeRadioenlace.pdf>

Cabrejos Vásquez, C. M. (2011). Actualización del Mapa Regional del Sector Agrario en Piura.

Calvillo, A. (2013). « *Estudio y diseño de una red WiMAX para dar cobertura de banda ancha en un entorno rural* ».

Cambium Networks. (2008). Serie ptp 650 (pp. 1-4).

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2012). TIC y agricultura. *Newsletter eLAC*, 18, 1-12. Recuperado a partir de <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/36924>

Cortes, A. (2014). ¿Qué es Ancho de Banda... Cómo se Calcula... Qué parámetros necesito...?, 1-2. Recuperado a partir de <http://www.rnds.com.ar/articulos/065/108w.pdf>

Crowcroft, J. (1999). *Internetworking Multimedia*. Recuperado a partir de <http://search.ebscohost.com.ezproxy.liv.ac.uk/login.aspx?direct=true&db=edsoai&AN=edsoai.692805490&site=eds-live&scope=site>

Cuevas, R. (2008). *Ingeniería de alimentos, calidad y competitividad en sistemas de la pequeña industria alimentaria. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación* (Vol. 156). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Departament d'Enginyeria Telematica. (2005). OPNET : Manual de usuario.

El Regional Piura. (2016). Piura: La agricultura ocupa el 31% de la población económicamente activa. Recuperado a partir de <http://www.elregionalpiura.com.pe/index.php/regionales/150-piura/16532-piura-la-agricultura-ocupa-el-31-de-la-poblacion-economicamente-activa>

Fabritz, N. (2013). The Impact of Broadband on Economic Activity in Rural Areas: Evidence from German Municipalities. *Ifo Working Paper*, (166).

FAO. (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. *Fao*, 4. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/l>

Goyal, A., & González-Velosa, C. (2013). Improving Agricultural Productivity and Market Efficiency in Latin America and the Caribbean: How ICTs Can Make a Difference? *Journal of Reviews on Global Economics*, 2, 172-182. Recuperado a partir de http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1024&context=aparajita_goyal

Hernández, A. M. (2014). *Diseño de un sistema de comunicaciones inalámbricas punto a multipunto basado en técnicas de reducción de interferencias*. Universitat Politècnica de València.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación. Metodología de la investigación*. <https://doi.org/ISBN-978-92-75-32913-9>

IETF. (1998). RFC 2386. Recuperado a partir de <https://www.ietf.org/mail-archive/web/ietf/current/msg07409.html>

INEI. (2015). Perú - Encuesta Nacional de Hogares sobre Condiciones de Vida y Pobreza 2015. Recuperado 31 de octubre de 2017, a partir de http://webinei.inei.gob.pe/anda_inei/index.php/catalog/276

Jordán, V., Galperin, H., & Peres, W. (2010). *Acelerando la revolución digital : banda ancha para América Latina y el Caribe*, 265.

Kazovsky, L. G., Cheng, N., Shaw, W.-T., Gutierrez, D., & Wong, S.-W. (2011). *Broadband Optical Access Networks*. <https://doi.org/10.1002/9780470910931>

Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2013). *Computer Networking* (Sixth Edit). Pearson. Recuperado a partir de http://www.bau.edu.jo/UserPortal/UserProfile/PostsAttach/10617_1870_1.pdf

López, R. (2008). *Red Basada en Acceso Inalámbrico (WiFi & WiMAX)*. Autonoma de Madrid.

Lu, Z., & Yang, H. (2012). *Unlocking the Power of OPNET Modeler*. Chinese Ministry of Education (Vol. 1547). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511667572>

Márquez, J., Sanmartín, P., & Céspedes, J. (2013). GENERALIDADES DE OPNET MODELER. En *Modelado y simulación de redes: Aplicación de QoS Opnet Modeler*. (pp. 33-44). Editorial Universidad del Norte. Recuperado a partir de <http://www.jstor.org/stable/j.ctt1c3pzv3.6>

Navarro, L. (2010). www.econstor.eu. ECONSTOR.

Opnet. (2010). *WiMAX (802.16) model user guide*. Technical report.

Palmer, N. (2011). Las TIC en la Agricultura. Recuperado a partir de <http://www.e-agriculture.org/es/el-libro-de-consulta-las-tic-en-la-agricultura>

Pareek, D. (2006). *WiMax: Taking Wireless to the MAX*. Group. <https://doi.org/doi:10.1201/9781420013436.ch10>

Pasquel Cajas, A. F. (2016). *Diseño de una red de banda ancha para la región de Huánuco*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado a partir de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7444>

PIIB, P. de I. en I. B. R. (2003). Plan Vial de la Provincia de Huancabamba.

Pinzón, N. C. (2013). *Propuesta de un esquema de aseguramiento de la calidad de servicio (QoS) para redes que prestan el servicio de telemedicina en Colombia*. Recuperado a partir de <http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/handle/10819/1643>

Radio Mobile. (2017). No Title. Recuperado 20 de julio de 2011, a partir de <http://radiomobile.pe1mew.nl/>

Romero, M. (2009). Calidad de Servicio (QoS) en redes. En *Universidad de Sevilla* (Vol. segunda ed, p. 40). Recuperado a partir de <http://www.dte.us.es/personal/mcromero/masredes/docs/SMARD.0910.qos.pdf>

Sabemos. (2015). Drones y 'apps': el campo os necesita. Recuperado a partir de http://sabemos.es/2015/06/04/drones-y-apps-el-campo-os-necesita_2390/

Shannon, R. E. (1998). *Simulación De Sistemas Diseño Desarrollo E Implantación*. (Trillas, Ed.) (2003.^a ed.).

Soacha Garay, A. L. (2014). *Estudio de la viabilidad técnica para integrar los planes de fibra óptica con accesos inalámbricos de banda ancha en zonas rurales en las bandas de 450-470MHz y dividendo digital*. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/42927/>

Syscom. (2016). Cambium Networks - Guía de configuración PTP650. Recuperado 1 de enero de 2017, a partir de <https://syscom.happyfox.com/kb/article/281-cambium-networks-gua-de-configuracin-ptp650>

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta Edición). México.

UIT-T. (2008). Recomendación UIT-T E.800 Definiciones de términos relativos a la calidad de servicio. Recuperado a partir de <http://www.itu.int/rec/T-REC-E.800-200809-I>

Ureta, I. (2009). *Experiencias y lecciones de desarrollo rural. Colores: Historia de su significado y fabricación*. Recuperado a partir de <https://books.google.es/books?id=krRzPgAACAAJ&dq=colores+historia+de+su+significado+y+fabricacion+anne+varichon&hl=es&sa=X&ei=LbknVcyQK6bY7AaF2oG4DA&ved=0CCAQ6AEwAA>

ANEXO

SIMULACION PARA UN TIEMPO DE 180 MINUTOS

En seguida se muestra el proceso de simulación en Opnet 14.5, para un tiempo de 180 minutos. Al final se muestran los resultados con sus respectivos parámetros.

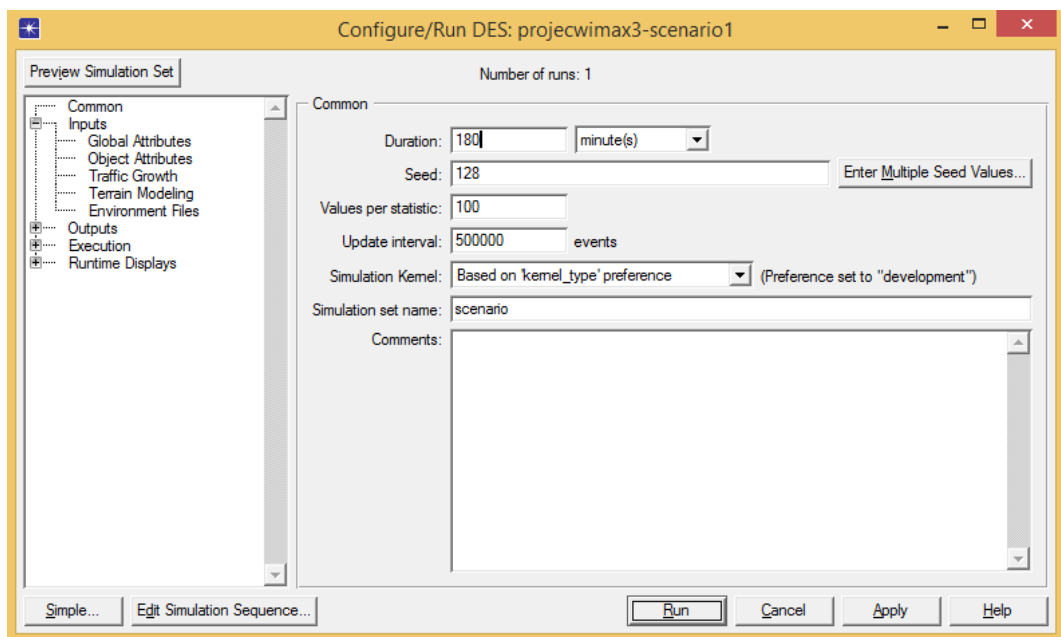


Figura A1. Configuración del tiempo de simulación.

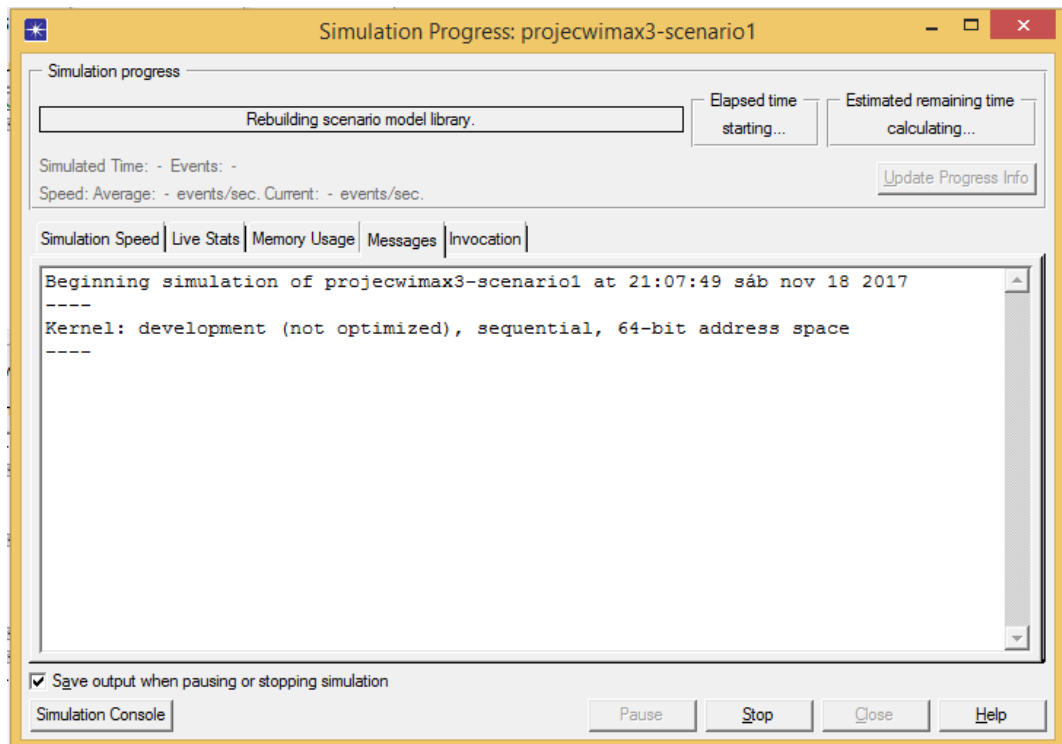


Figura A2. Progreso de la simulación.

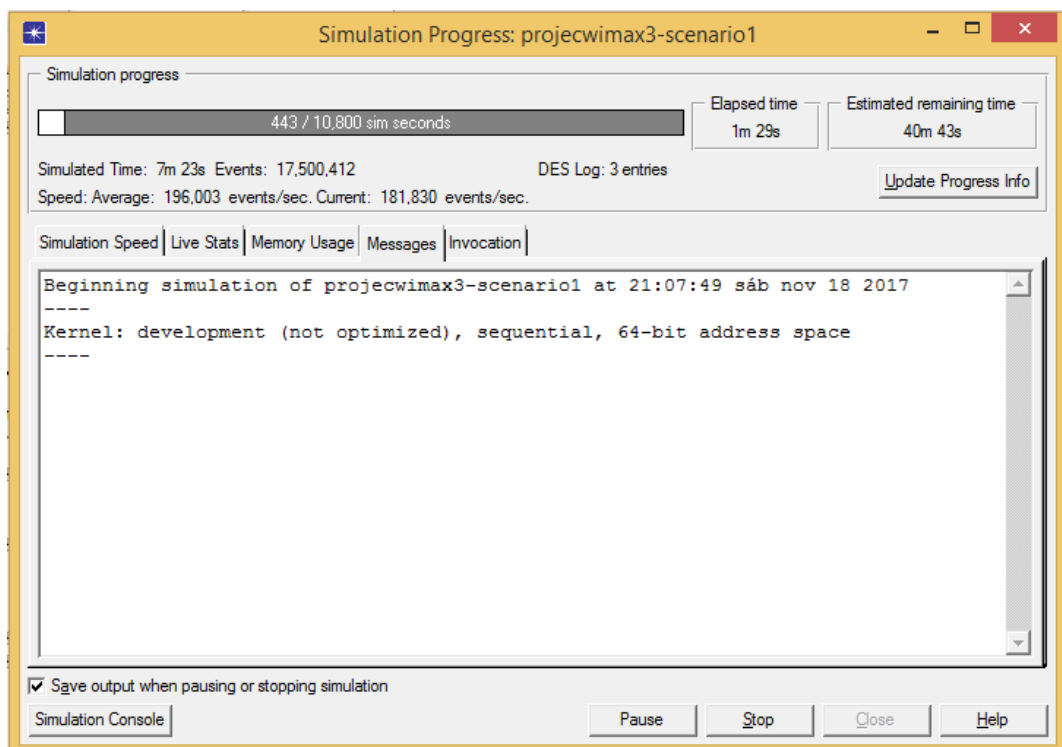


Figura A3. Progreso de la simulación.

Es importante visionar un video en una aplicación web para compartir videos. En la siguiente imagen se está visualizando un partido de futbol en el estadio Nacional de Lima, el 15 de noviembre de 2017, en el encuentro entre Perú y Nueva Zelanda.

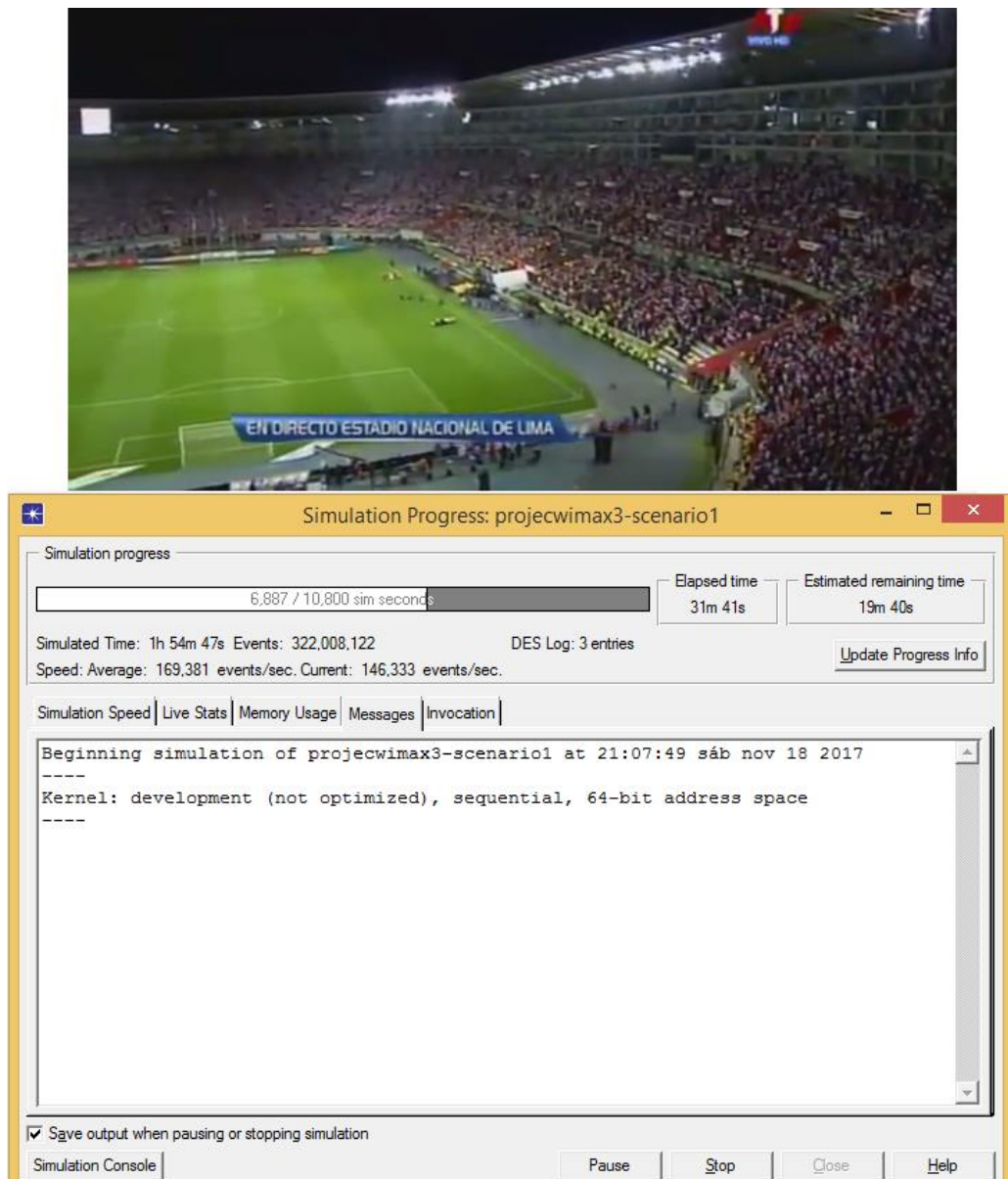


Figura A4. Progreso de la simulación, se muestra la visualización de un video.

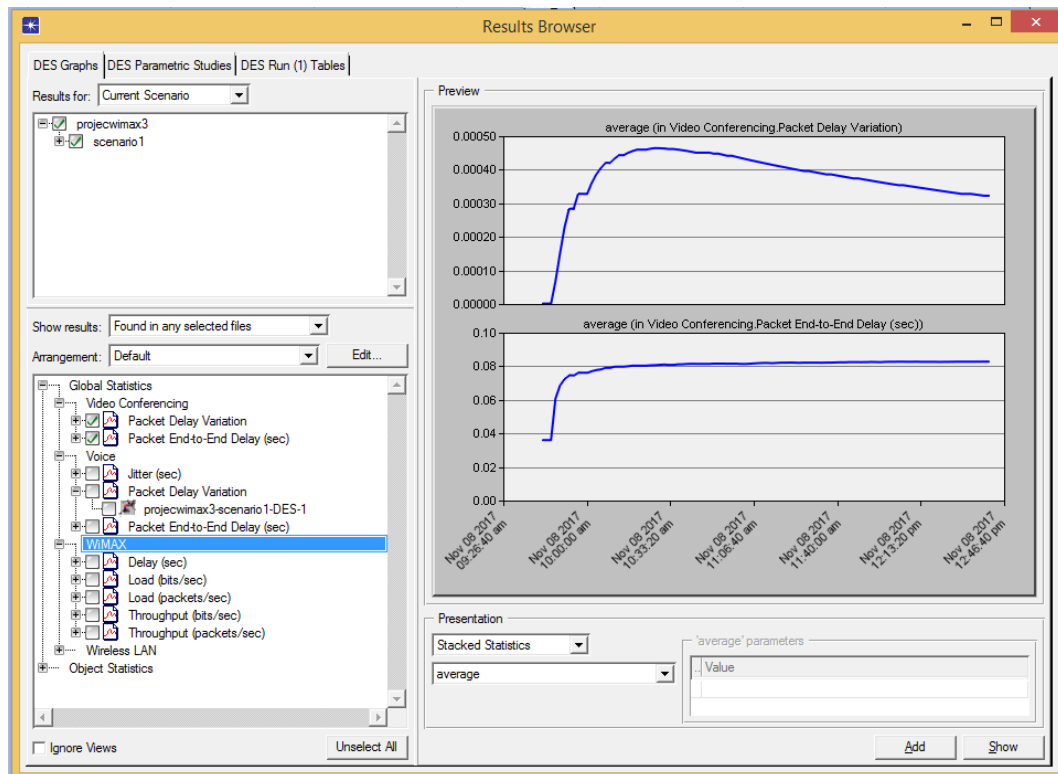


Figura A5. Retardo para la aplicación de videoconferencia.

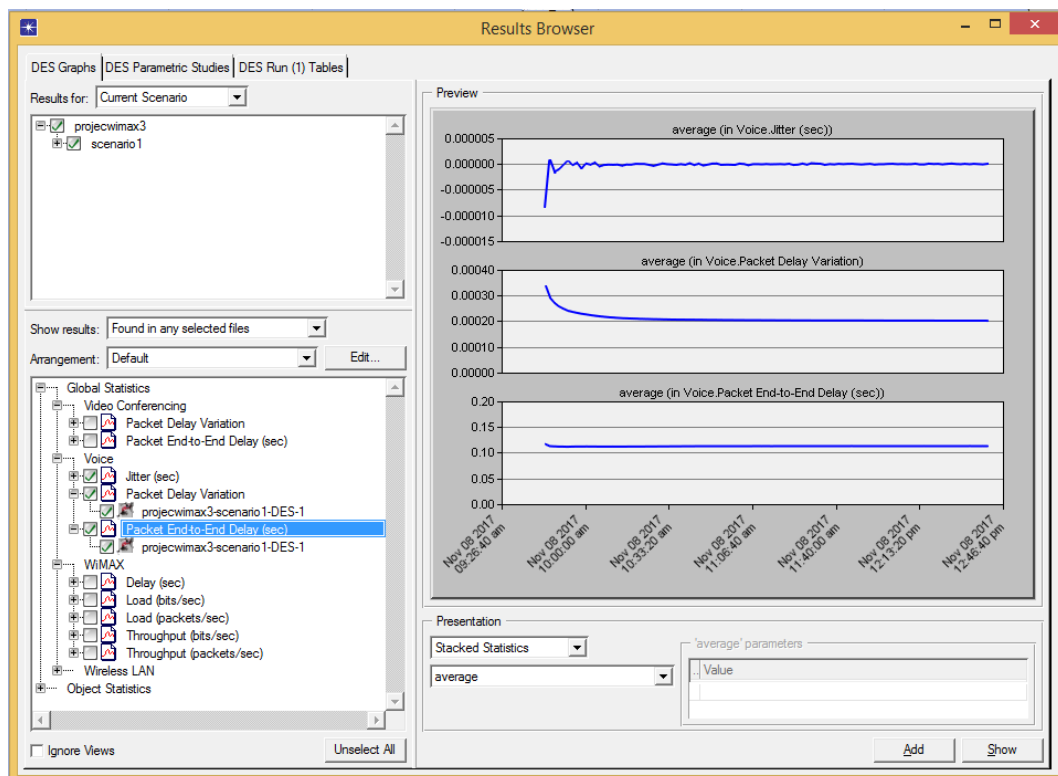


Figura A6. Parámetro de jitter y retardo para la aplicación de voz.

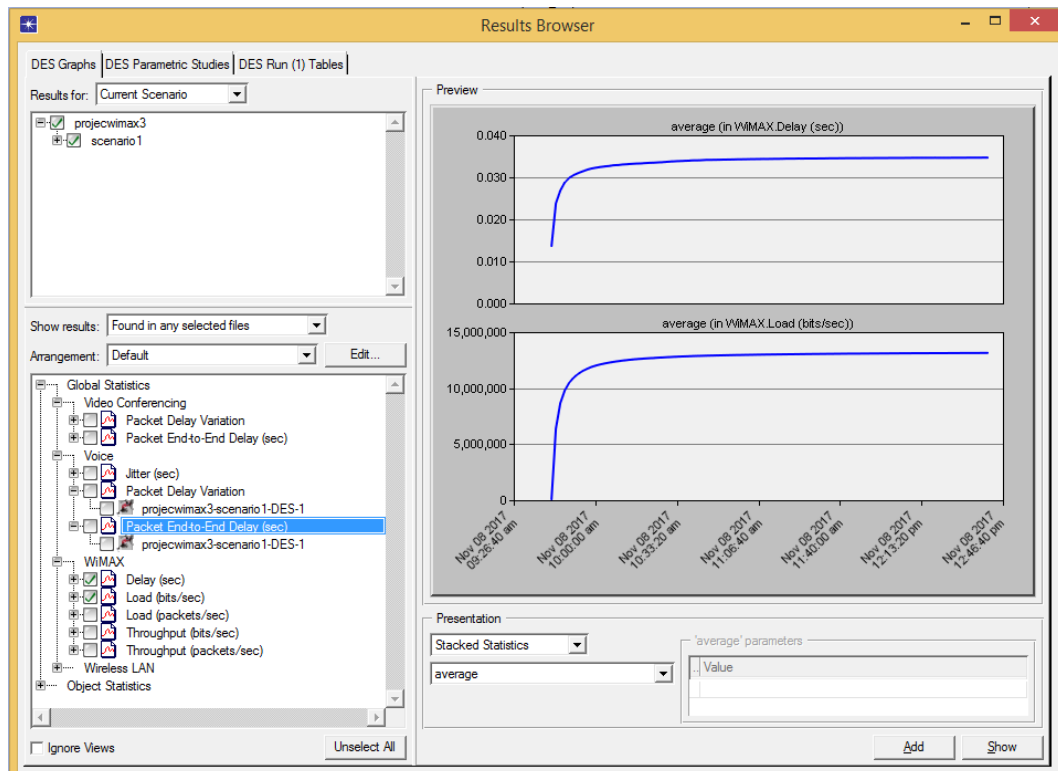


Figura A7. Retardo y carga para WiMAX.

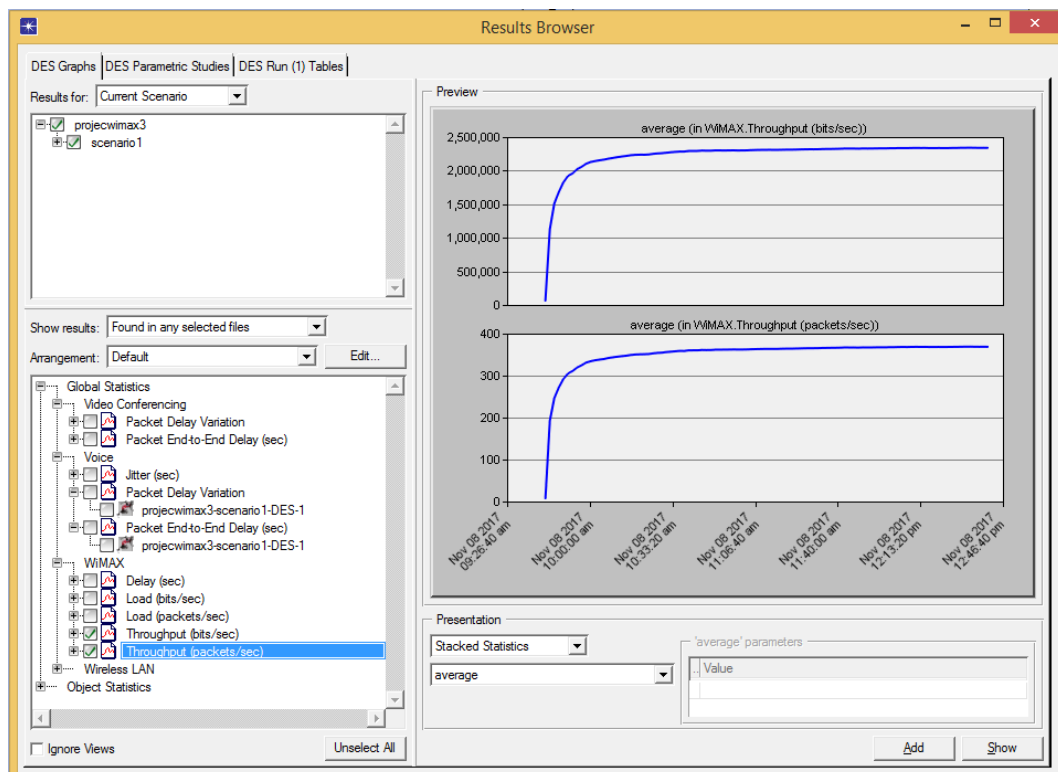


Figura A8. Throughput para WiMAX.

La siguiente figura muestra el throughput para las estaciones base.

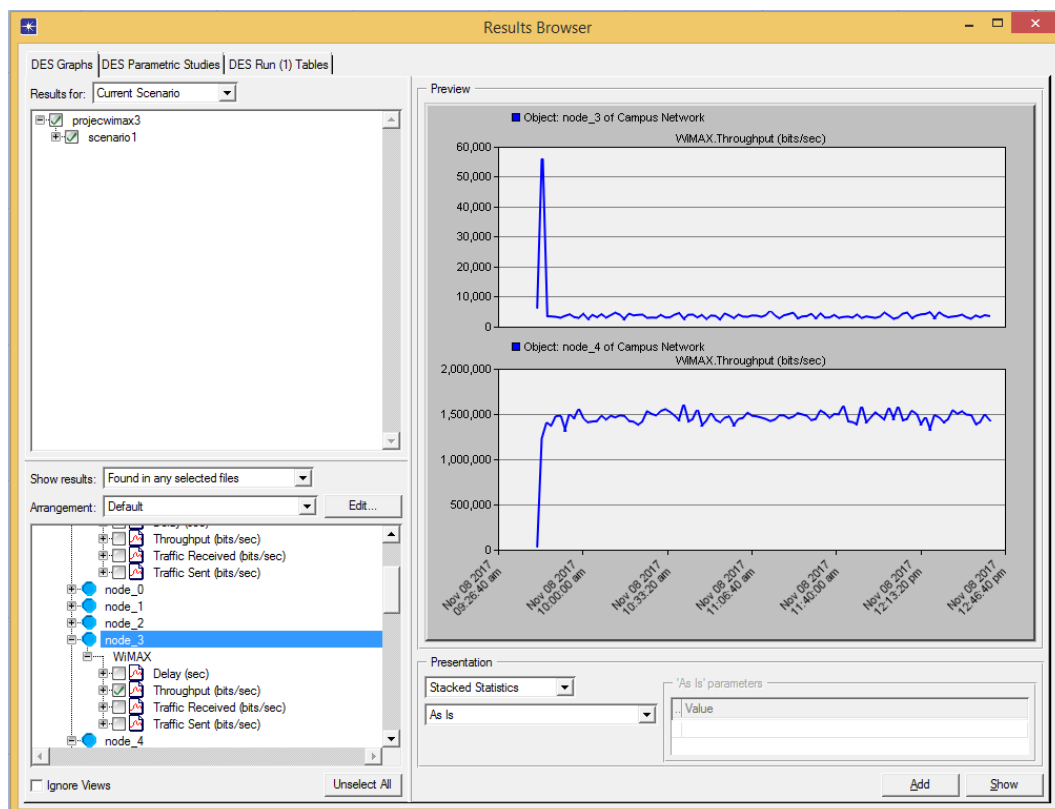


Figura A9. Throughput para las estaciones base.